



La situation du larynx du genre Homo. Données anatomiques, embryologiques et physiologiques

Jean Granat, Evelyne Peyre

► To cite this version:

Jean Granat, Evelyne Peyre. La situation du larynx du genre Homo. Données anatomiques, embryologiques et physiologiques. *Biométrie Humaine et Anthropologie - revue de la Société de biométrie humaine*, 2004, 22 (3-4), pp.139-161. hal-00731806

HAL Id: hal-00731806

<https://u-paris.hal.science/hal-00731806>

Submitted on 13 Sep 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LA SITUATION DU LARYNX DU GENRE HOMO. DONNEES ANATOMIQUES, EMBRYOLOGIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

THE POSITION OF LARYNX OF *HOMO* GENUS. ANATOMICAL, EMBRYOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL DATA

JEAN GRANAT*, EVELYNE PEYRE**

RÉSUMÉ

L'os hyoïde est souvent méconnu en paléanthropologie car il n'en a été retrouvé qu'un seul dans la grotte de Kebara (Israël). Cet os est la pièce maîtresse de tout l'édifice bucco-laryngo-pharyngé. Il n'est fixé, ni articulé à aucun autre os, ce qui fait que chez l'Homme actuel il ne peut être étudié en place que par radiographies ou dissections. Pour les fossiles, sa place n'a été, jusqu'alors, qu'estimée subjectivement ou à partir de méthodes mathématiques.

Au cours de l'évolution du genre Homo, l'os hyoïde a évolué comme tout le système manducateur et le larynx. Sa position est, le plus souvent, définie par rapport aux vertèbres cervicales. L'os hyoïde a été beaucoup étudié, non pas pour sa principale fonction de servir de lieu d'insertion à des muscles de la mastication, de la déglutition, de la respiration et de la langue, mais parce que le larynx, considéré comme l'organe du langage articulé y est suspendu.

Le langage articulé est considéré comme le propre de l'Homme. De nombreux chercheurs avec Laitman, Liberman et Crelin considèrent que l'Homme actuel parle parce que son os hyoïde et son larynx sont en position "basse" à la suite d'une descente depuis une position « haute », commune à tous les Mammifères dont les Primates anthropoïdes non humains, toujours estimés, par certains, comme ancêtres de l'Homme, aux Hommes fossiles et à l'enfant actuel. Aujourd'hui, cette opinion est de plus en plus contestée.

Notre recherche sur les avantages adaptatifs de la morphologie cranio-laryngo-faciale a montré que tout rapport aux vertèbres cervicales pour déterminer la position de l'os hyoïde devait être abandonné au profit d'un système de référence anatomo-fonctionnel comme le plan de base de la mandibule.

La position du larynx chez l'Homme actuel est, en fait, la conséquence de toute l'évolution et non pas, uniquement, celle de l'acquisition du langage. Il n'y a aucune descente du larynx mais une position dans le cou définie par l'embryologie, l'anatomie, la physiologie et l'ontogenèse. Il en va de même pour les Mammifères quadrupèdes, les grands singes semi-redressés et les Hommes fossiles. L'os hyoïde, chez les uns et les autres est toujours à la même place, sous le plan de base de la mandibule, donc des gonions. Cet emplacement est totalement indépendant des vertèbres cervicales.

Même en l'absence d'os hyoïde et de larynx (jamais fossilisé, car entièrement cartilagineux), il nous a été possible de reconstruire leurs situations chez les Hommes fossiles. Notre recherche a montré que, comme pour chaque Mammifère, les représentants du genre Homo, avaient un os hyoïde et un larynx, qui par leurs places et leurs dimensions, sont proches de ceux des Hommes actuels. Leur conduit vocal leur donnait potentiellement la possibilité de parler. Quant à savoir s'ils communiquaient par un langage articulé, cette étude ne s'intéressant pas au développement du cerveau, organe principal du langage, ne permet pas de le dire.

Mots clés : os hyoïde, larynx, langage articulé, évolution, mandibule, occlusion dentaire, genre *Homo*, Homme moderne.

SUMMARY

The Hyoid bone is not well known in paleoanthropology because so far only one Neanderthal specimen has been discovered in Kebara Cave, Israel. This bone is the main piece of the entire oral-larynx-pharynx construction. It is not fixed to, or articulated with any other bone. Therefore the study of this bone in its actual location can only be done through X-rays or dissection. The bone's position in human fossils has only been estimated by mathematical methods.

During the evolution of the Homo genus, the hyoid bone evolved as the rest of all the manducator system and larynx did. Its position is often determined in relation to the cervical vertebrae. The main function of this bone is to provide a place of insertion for numerous indispensable muscles. Regardless, numerous studies concerning the hyoid bone have mainly focused on its use to hold in place the larynx, which is considered man's speech tool.

.../...

*Docteur Jean GRANAT Docteur en Sciences Odontologiques Chercheur Associé CNRS UMR 5198 MNHN USM 103 Histoire naturelle de l'Homme préhistorique . jgranat@noos.fr Muséum National d'Histoire Naturelle, Musée de l'Homme, Paris

**Docteur Evelyn PEYRE Docteur en Paléontologie des Vertébrés et Paléontologie humaine, Chargée de Recherche CNRS, UMR 5145 Eco-anthropologie et ethnobiologie peyre@mnhn.fr - Muséum National d'Histoire Naturelle, Musée de l'Homme, Paris

Article reçu le 12.04.2004, accepté le 15.09.2004

.../... Articulated speech is a skill that is characteristic to modern man only. Many scientists such as Laitman, Liberman and Crelin consider that the modern man can talk because his hyoid and larynx are located in a "low position" as the result of a downward shift from an "upper position". This upper position would be common to all Mammals, even apes, still considered by some scientists as man's origin. According to them, the hyoid and the larynx when located in this upper position do not allow for the physical possibility of speech. Today, this opinion is becoming more and more controversial.

Our study on the adaptative advantages of cranio-laryngo-facial morphology proved that all positional relationships with the cervical vertebrae to determine the position of the Hyoid bone should be abandoned. In its place, we suggest the use of an anatomical and functional system of reference like the plane formed by the inferior border of the mandible. The position of the larynx in modern humans is not due to the acquisition of articulated speech, but is the consequence of a long-term evolution. Indeed the position of the larynx is determined by embryology, anatomy and ontogenesis. You will conclude that it is not the result of a downward shift, whether you study big apes, quadruped Mammals or human fossils. Similarly in all these species the Hyoid bone is always located under the plane of the mandibular base and the gonion angle. This position is entirely independent of the cervical vertebrae.

Our study showed that the position and the size of the Hyoid bone and the larynx are very similar among all specimen of the *Homo* genus and modern humans. We successfully reconstructed the position of the Hyoid bone and the larynx in ancient humans, despite their absence in fossils (the Hyoid and the larynx are entirely cartilaginous). The larynx and its associated components provided ancient humans with the physical ability to speak. Did they use articulated speech? The main organ of speech being the brain, our study cannot answer this question.

Key-words : hyoid bone, larynx, articulated language, evolution, mandible, dental occlusion, compared anatomy.

INTRODUCTION

Le genre *Homo* (désormais en abrégé *H.*) se caractérise dès ses origines par une bipédie semblable à la nôtre. Parmi les hominidés très anciens, *Orrorin tugenensis* [1] vieux de six millions d'années (6Ma) et *Praeanthropus africanus* daté de 4,4Ma [2, 3] attestent de la précocité d'adaptation à une marche bipède plus humaine que celle des Australopithèques.

La marche par enjambée, semblable à la nôtre, est prouvée à partir de *H. habilis* [4, 5]. Le pied OH8, retrouvé à Olduvai en 1960 et attribué à cette espèce, est anatomiquement très proche de celui de l'Homme moderne [6]. Il témoigne qu'une bipédie comparable à la nôtre, spécialisée par le maintien d'une posture érigée et le courir [7], existe depuis au moins 2,6Ma. En fait, *H. habilis*, attesté avec certitude à Hadar (Ethiopie) par des restes osseux de 2,33±0,07Ma, est reconnu comme le premier fabricant d'outils dont le plus ancien (Gona, Ethiopie) est daté entre 2,5 et 2,6Ma. Cette espèce pourrait être plus ancienne car le fragment d'humérus KNMER1504 (Koobi-Fora, Kenya) daté de 4Ma, bien qu'il ne soit pas accompagné d'outils, est parfois considéré comme *H. habilis* étant donné sa morphologie très moderne. *H. habilis* disparaîtrait vers 1,5 ou 1,4Ma, selon les datations.

L'histoire humaine est jalonnée, depuis les origines, par de grandes variations staturales mais qui entrent dans la variabilité actuelle. Le squelette presque complet KNMWT15000 d'un jeune *H. ergaster* de 12 ans mesure 160cm, et cet enfant au crâne de 880cm³, s'il avait vécu,

aurait mesuré 185cm à l'âge adulte. L'existence de haute stature est donc ancienne puisque ce fossile est daté de 1,6Ma [8]. Quant à *H. habilis* s.l.¹, le crâne KNMER1470 (*H. rudolfensis*) daté à 1,8Ma possède une capacité de 770cm³, mais il n'y a pas, à notre connaissance, d'os longs permettant d'estimer sa stature. On considère *H. habilis* comme petit, parce que, lors de sa découverte on l'a rapproché des Australopithèques mais rien ne permet d'affirmer que sa stature n'était pas comprise dans la variabilité des Hommes modernes.

La station érigée permanente s'associe à des modifications de la morphologie crânienne [9]. Le crâne de *H. habilis* est globuleux et sub-semi-circulaire en *norma posterior*. Sa plus grande largeur est située près de la base bien qu'un léger élargissement se reconnaisse déjà au niveau bipariétal. En *norma lateralis*, il ne présente ni étirement postérieur, ni torus sus-orbitaire, tout juste une structure osseuse sus-orbitaire en relief. L'inion [10]² est au niveau du plan Francfort (fig.1).

H. habilis est considéré comme le premier représentant du genre *Homo*. Trois grands rameaux, *H. ergaster* puis *H. erectus*, *H. neanderthalensis* et *H. sapiens* en dérivent. De cet ancêtre commun, ils ont conservé la bipédie originelle tandis que le crâne, chez chacun d'entre eux, a poursuivi son évolution selon des modalités qui les distinguent. Avec la station érigée, la colonne vertébrale soutient la tête en équilibre et présente 4 courbures compensatrices. Si chez *H. habilis*, l'inion coïncide plus ou moins avec le plan de Francfort³, chez l'Homme anatomiquement moderne, la

¹ s.l., sensu largo (au sens large) est opposé à s.s., sensu stricto (au sens strict). *H. habilis* s.l. comprend *H. habilis* s.s. et *H. rudolfensis*.

² Inion : point qui se trouve à l'union des deux lignes nuchales supérieures dans le plan sagittal. Il est situé au milieu du tuberculum linearum. Cf traduction française [17].

³ Plan de référence passant par les 2 porions (point médian du bord supérieur du méat auditif externe) et le point orbitaire inférieur gauche (point le plus déclive du bord antérieur de l'orbite)

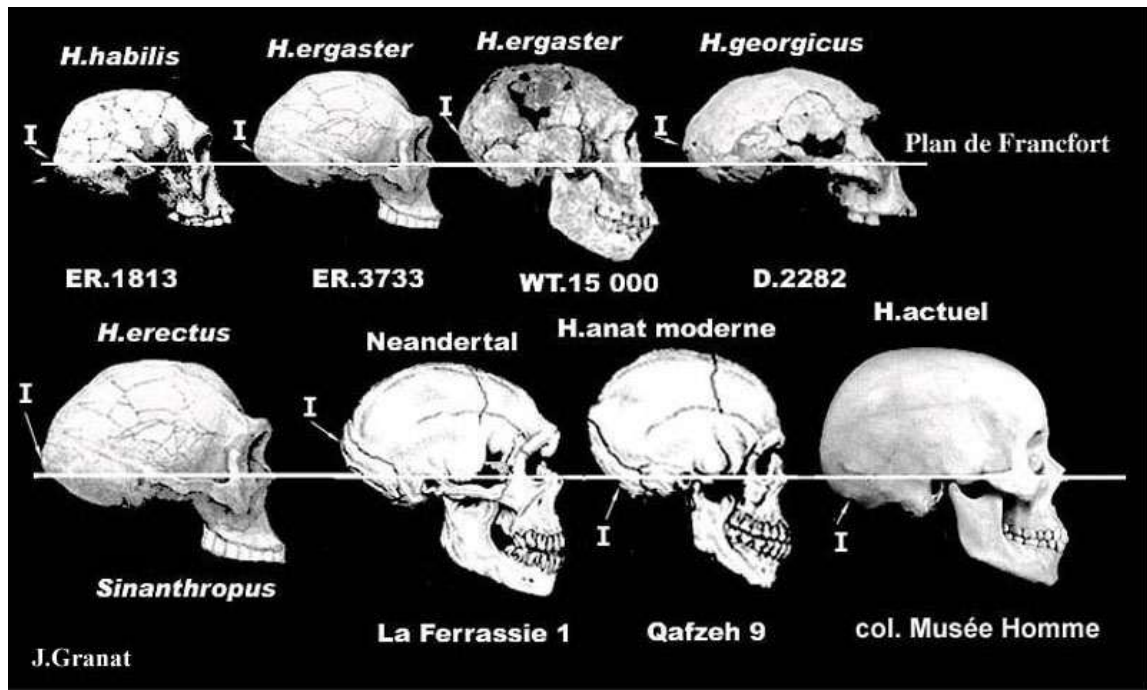


FIGURE 1. — Le genre *Homo*. Huit crânes orientés selon le plan de Francfort avec la position de l'inion (cliché J.Granat).

basculer occipitale positionne l'inion au-dessous de ce plan de référence. Dans ces différentes espèces ou sous-espèces du genre *Homo*, le développement du crâne atteint différents niveaux d'organisation, entraînant plusieurs types morphologiques.

H. ergaster et *H. erectus* s.l.⁴ couvrent la période qui s'étend de 1,6 à 0,1Ma. Chez ces espèces, le crâne est moins harmonieux. La base est développée en longueur et en largeur, alors que la hauteur de la voûte reste proche de celle de *H. habilis*. En *norma posterior*, leurs crânes sont en forme de "tente", et en *norma lateralis* ils montrent un torus sus-orbitaire et un étirement de l'écaille occipitale. L'inion est au-dessus du plan de Francfort.

Chez les Hommes de Néandertal, le crâne se distingue par une base large et une longueur de forte dimension alors que la voûte demeure basse. En *norma posterior*, la largeur maximale se mesure à la moitié de la hauteur d'où un aspect « sub-circulaire », et en *norma lateralis*, on note la présence d'un torus sus-orbitaire et d'un chignon occipital par étirement de tout l'arrière crâne. L'inion est au-dessus du plan de Francfort.

Nos recherches sur les dents des Néandertaliens et des Hommes modernes [11, 12, 13, 14] confirment, comme on l'admet généralement, que notre ancêtre lointain, serait un *H. habilis* sorti d'Afrique et retrouvé en Europe vers 1,7 Ma à Dmanisi en Géorgie (*H. georgicus*) [15, 16]. Rien ne

s'oppose à ce que ce premier Européen soit l'ancêtre commun des Hommes plus récents. Toutefois, dans une perspective chronologique plus brève, *H. rhodesiensis*, identifié comme un *H. sapiens archaïque* ancêtre de l'Homme anatomiquement moderne, est reconnu en Afrique 500 000 ans, et l'Homme de Néandertal serait un descendant de *H. heidelbergensis* retrouvé en Europe.

Comparé au crâne plésiomorphe de *H. habilis*, les apomorphies (caractères secondaires dérivés) de celui de l'Homme moderne sont nombreuses. Longueur, largeur et hauteur ont évolué de concert. Le frontal est vertical, l'occipital membraneux et, surtout, les pariétaux sont étendus (17, 18, 19). La largeur maximale désormais située au niveau pariétal lui donne, en *norma posterior*, un aspect en « maison » et masque, en *norma superior*, les zygomas (cryptozygie) peu développés. L'extension de l'occipital membraneux réalisant « la bascule occipitale » (20) refoule le basi-occipital vers le bas et l'avant. Le plan foraminien, tangent au trou occipital (*foramen magnum*), est légèrement incliné de bas en haut et d'arrière en avant, si bien que le trou occipital regarde en bas et en avant. Chez les autres espèces d'Hommes, ce plan est horizontal et le trou occipital regarde vers le bas (fig.2). En *norma lateralis*, les Hommes modernes ne présentent ni bourrelet sus-orbitaire fortement développé en torus, ni arrière crâne étiré. L'inion est au-dessous du plan de Francfort, sauf exceptions.

⁴ *H. erectus* s.l. regroupe tous les fossiles eurasiatiques et africains de chronologie intermédiaire entre *H. ergaster* et *H. sapiens*, alors que *H. erectus* s.s. ne désigne que les fossiles asiatiques de cette même période, principalement les Sinanthropes et les Pithécantropes

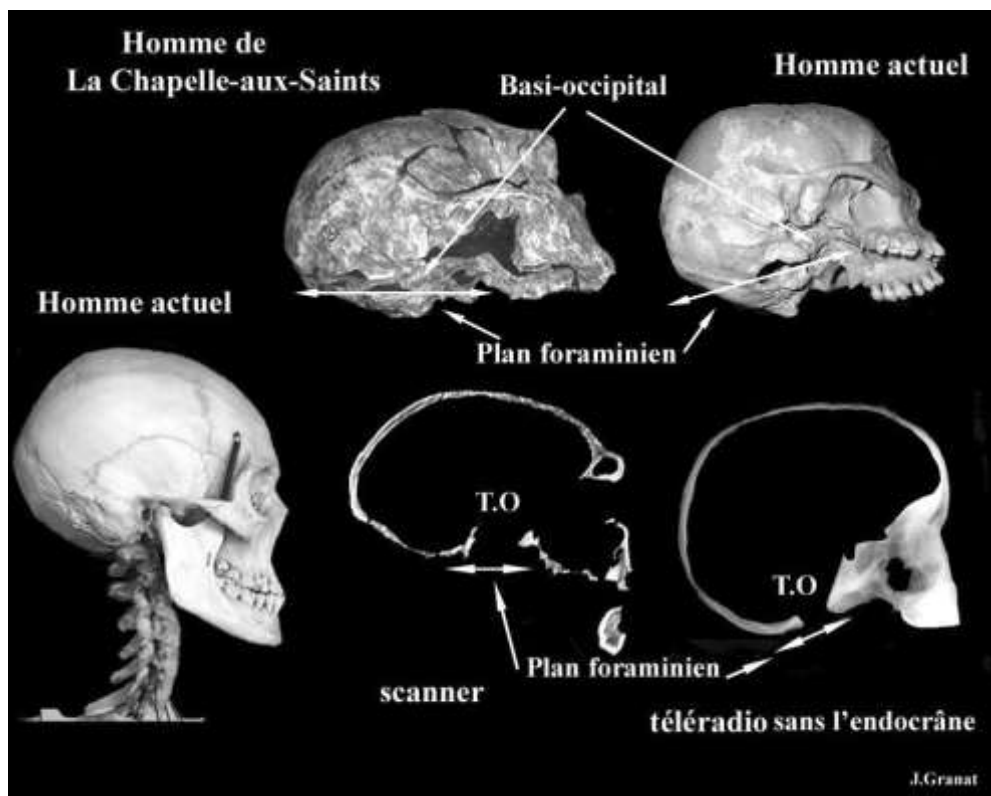


FIGURE 2. — Position et orientation du foramen magnum avec la bascule occipitale. Comparaison entre le crâne de La Chapelle-aux-Saints et l'Homme moderne (cliché J.Granat).

La face de l'Homme moderne se caractérise par un menton saillant, alors que les autres Hommes qui le précèdent n'en ont pas [21, 22, 23 24]. Pourtant, des éléments du menton sont décrits chez *H. habilis* [25, 26, 27] et chez les fossiles de Dmanisi [(28,29)]. Un rameau conduisant aux Hommes anatomiquement modernes aurait pu conserver et développer ce menton naissant. Dans les autres lignées, des spécialisations secondaires au niveau de la mandibule l'auraient masqué.

Chez certains Hommes anatomiquement modernes, tels Skhül V (Mont Carmel, Israël) daté de 100ka⁵ et Herto (BOUVP16/1, Awash, Ethiopie) daté de 160ka [30], la position du trou occipital est proche de la nôtre. Quant aux fossiles de Qafzeh (Israël) datés à 90ka, la base du crâne est détériorée et le trou occipital n'est pas observable [31]. Au Paléolithique supérieur le trou occipital en position moderne est la règle.

Le reste du squelette axial a subi peu de modifications

depuis *H. habilis*. Chez l'Homme anatomiquement moderne, le rachis cervical accuse une courbure à convexité antérieure (lordose) très marquée au niveau de C3 et C4⁶ pour raccorder le trou occipital aux vertèbres dorsales dont la courbure est à concavité antérieure (cyphose). D1, très spécialisée, assure la connexion entre C7 et D2 [32]. La courbure lombaire est en lordose et la sacrée en cyphose. Cette dernière aurait la même allure que la courbure occipitale.

Chez les premiers représentants du genre *Homo*, la hauteur crânienne est relativement faible. En revanche, leur face a des dimensions comparables aux nôtres, parfois même plus fortes (fig.3), et le massif maxillo-mandibulo-dentaire semble « appendu » à la région orbito-nasale.

Chez les Hommes modernes, la bascule occipitale conduit à une angulation de la base du crâne (angle sphénoïdal de Landzert⁷) entre les prolongements du *clivus* et du *planum*⁸ du sphénoïde (fig.4) qui est plus fermée que

⁵ ka, abrégé de kilo année, signifie mille années

⁶ Chez tous les Primates et la presque totalité des Mammifères la colonne cervicale est composée de 7 vertèbres appelées C1 (atlas), C2 (axis), C3, C7. Les vertèbres dorsales sont numérotées D1, D2. et les lombaires, L1...

⁷ Chez les quadrupèdes l'angle est obtus et ouvert vers le sommet du crâne. Chez les singes semi redressés, l'angle est plat et avec la station érigée il est supérieur à 180°. On dit qu'il s'est inversé et qu'il est aigu regardant vers le bas.

⁸ le planum sphénoïdal correspond au jugum qui se prolonge par la criblée de l'ethmoïde.

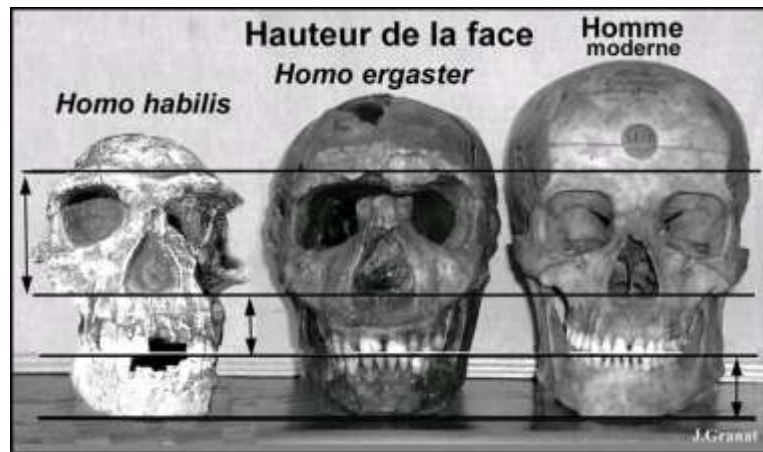


FIGURE 3. — Hauteur de la face totale. Noter la similitude de hauteur sur *Homo habilis*, *Homo ergaster* et l'Homme moderne ainsi que la différence de la hauteur de la voûte crânienne (cliché J.Granat).

précédemment. Le *planum* s'étend de la suture ethmoïdo-frontale au centre de la selle turcique. Le *clivus*, situé entre la selle turcique et le basion, est formé par la face de la lame quadrilatère (dos de la selle) et de la face interne de la partie basilaire de l'occipital. En effet, la synchondrose sphéno-occipitale relie le sphénoïde à la partie antérieure du corps occipital (apophyse basilaire) qui dans ce mouvement de bascule s'est abaissé, allongé de bas en haut et d'arrière en avant. Ainsi, sous le crâne cérébral, existe une loge antérieure haute et vaste, dans laquelle la face est

venue tout naturellement se loger, s'encaster, par un léger mouvement de recul. L'angle de Landzert peut avoir des valeurs semblables chez l'Homme actuel et des Hommes plus anciens chez lesquels le *clivus* peut être plus court. Notons aussi que chez l'adulte, la synostose est totale et il n'est plus possible *de visu* de savoir où se situe la jonction entre les deux os. De même chez des fossiles, lorsqu'il reste une partie antérieure au trou occipital il n'est pas facile de savoir s'il s'agit de la partie basilaire dans sa totalité, en partie ou si une partie du sphénoïde y est encore attenante.

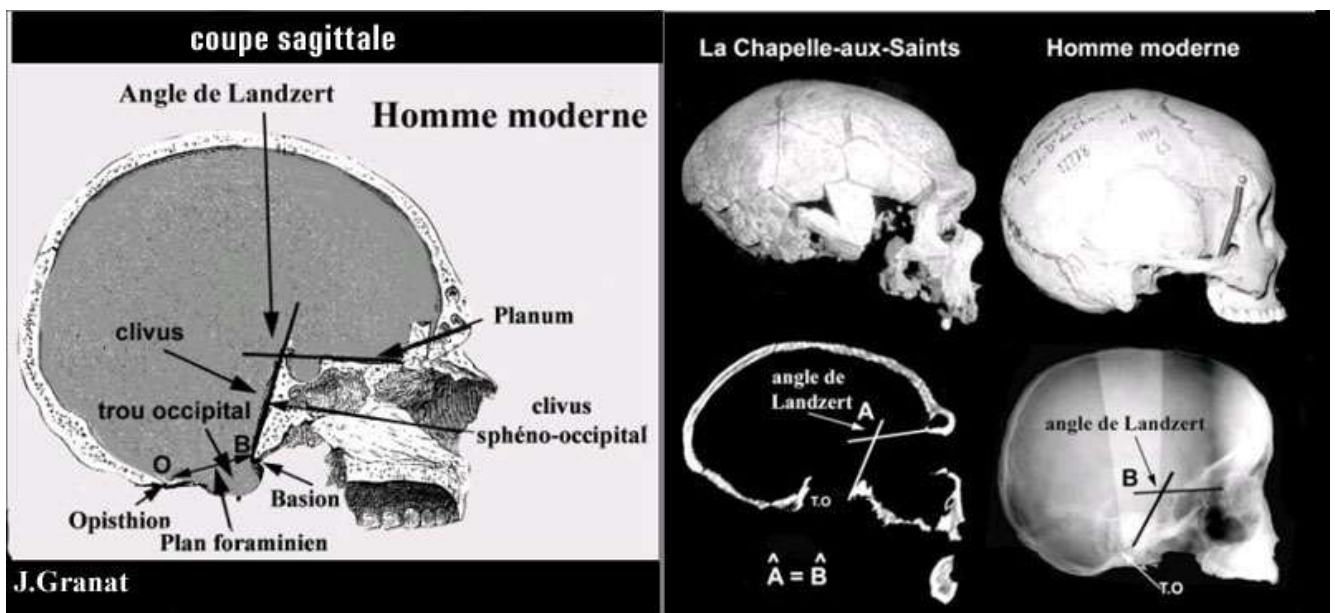


FIGURE 4. — Angle de Landzert. Sur ce cliché, bien que cet angle ait une valeur identique sur le crâne de la Chapelle-aux-Saints, reconstitué par J.L.Heim et chez un Homme moderne, le crâne est morphologiquement très différent (cliché J.Granat).

La mandibule participe aux adaptations cranio-maxillaires [33, 34, 35]. Comme l'arcade alvéolo-dentaire maxillaire de l'Homme moderne se situe davantage sous le crâne, l'arcade alvéolo-dentaire mandibulaire est également en recul pour maintenir l'occlusion. Ce recul par rapport à l'arcade basilaire est aujourd'hui très prononcé et l'occlusion dentaire, qui dans les autres espèces est en bout-à-bout (labidodontie), est maintenant croisée (psalidodontie) : les dents maxillaires débordent vestibulairement les dents mandibulaires et les recouvrent de 1 à 2mm dans le segment incisivo-canin (fig.5). Cette nouvelle morphologie met fortement en évidence la saillie du menton. La face postérieure de la symphyse, elle aussi modifiée, possède des apophyses géni supérieures désormais bien développées sur lesquelles s'insèrent les muscles

génioGLOSSes et qui témoigne ainsi d'une mobilité prononcée de la langue. Rappelons que sur les apophyses géni inférieures s'insèrent les muscles génio-hyoïdiens, abaisseurs de la mandibule. L'insertion des muscles digastriques, autres abaisseurs de la mandibule, se fait sur la partie inférieure de cette face interne, dans 2 fossettes situées de part et d'autre de la ligne sagittale médiane. En l'absence de menton, le bord inférieur de la symphyse se développe en une petite face sur laquelle les digastriques prennent insertion. L'insertion opposée de ces muscles se fait sur la grande corne de l'os hyoïde auquel, par ailleurs, est suspendu le larynx. Il est admis que, chez l'Homme moderne, le larynx se situe généralement au-dessous de la convexité cervicale, soit en regard de C4, C5 et C6 [36], et occupe une grande partie du cou [37, 38].

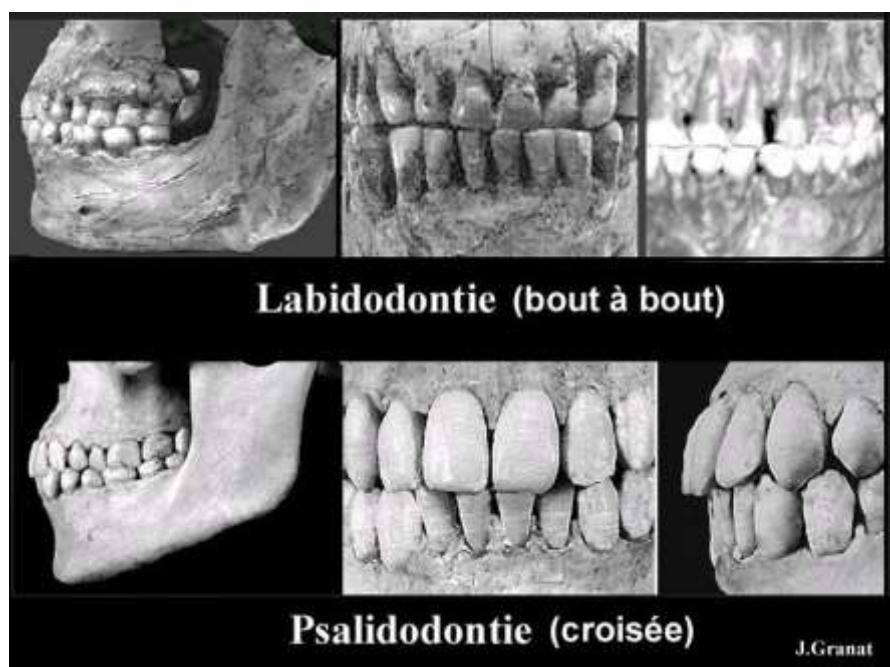


FIGURE 5. — Les deux modes d'occlusion rencontrés dans le genre *Homo* (cliché J. Granat).

Notre objectif est la recherche des avantages adaptatifs de la morphologie craniofaciale de l'Homme moderne. Il concerne tout principalement l'os hyoïde et donc, secondairement, le larynx. Nos travaux paléanthropologiques s'intéressent essentiellement au genre *Homo*, mais pour cette étude, nous avons étendu nos investigations à certains Mammifères et grands singes. En effet, dans la riche bibliographie que nous avons compulsée sur l'os hyoïde et le larynx, nous avons retenu 16 références dont l'argumentation visait à prouver que l'acquisition de la parole et du langage articulé chez l'Homme anatomique-

ment moderne était dépendante de la « descente du larynx », alors que les Mammifères, notamment les autres Primates, les autres Hommes fossiles et l'enfant humain moderne, avaient conservé la conformation d'origine en position haute, configuration qui permet de respirer tout en déglutissant sans risques d'étouffement [39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54]. Le larynx pourrait avoir été en position basse dès les premiers crânes retrouvés ayant une configuration moderne tel SkhülV daté de 100ka, alors seule la lignée de *H. sapiens* aurait pu parler. Pourtant, d'autres chercheurs contestent ce point de

vue et montrent que les Hommes fossiles d'autres lignées pouvaient potentiellement parler [55, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64]. R. Saban [65], reprenant les travaux de nombreux auteurs sur le langage articulé cite : « L'hyoïde et le larynx sont solidaires dans leurs déplacements fonctionnels comme dans le mouvement de descente qui s'observe, chez l'adulte, des Mammifères à l'Homme. En effet hyoïde et larynx se situent respectivement, chez les Carnivores en regard de C1 (atlas) et C2 (axis), puis de C2 et C3, chez les Ongulés (Bœuf, Cheval). Parmi les Primates, chez la majorité des Simiens, les rapports se font au niveau de C1 et C3, puis de C3 et C4 chez les Anthropomorphes mais de C4 à C6, chez l'Homme. »

MATERIEL

Les affirmations précédentes méritaient d'être contrôlées. Nous avons donc examiné et recherché la position du larynx chez certains Mammifères actuels.

- Etude bibliographique de traités et planches d'anatomie et de splanchnologie vétérinaires [66, 67] : Chat, Chien, Bœuf, Cheval, Chèvre, Eléphant, Porc, Lapin, Girafe.
- Observation directe de 10 Primates reconstitués : 4 Chimpanzés (*Pan*), 2 Orangs-Outans (*Pongo*) et 4 Gorilles (*Gorilla*). Ces spécimens appartiennent aux collections du Musée Fragonard de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, du Musée Orfila de la Faculté de Médecine des Saints-Pères (Paris) et des Laboratoires du Département *Hommes, Natures, Sociétés* (HNS) du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) situées au Jardin des Plantes (Anatomie comparée) et au Musée de l'Homme (Anthropologie)
- En pratiquant nous-mêmes 4 dissections : celles de deux spécimens d'Orang-Outan au Laboratoire d'Anatomie comparée du MNHN, un jeune animal conservé depuis 1935 et un mort-né en 1964, et celles de deux Lapins
- En utilisant les documents photographiques en *diaporama* des dissections du Porc pratiquées par les Dr C. Guintard et Dr E. Betti, vétérinaires de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes (Unité d'Anatomie Comparée).

Pour le genre *Homo*, nous avons étudié les fossiles originaux français et les moulages des autres Hommes fossiles appartenant aux collections du Laboratoire d'Anthropologie du Musée de l'Homme (MNHN, dépt. HNS). Nous avons retenu les fossiles suivants : les moulages du crâne KNMER1813 (East-Turkana, Kenya) et de la mandibule OH13 (Olduvai, Tanzanie) pour *H. habilis* (1,8Ma) ; les moulages de KNMWT15000 (West-Turkana, Kenya) et de KNMER3733 (East-Turkana, Kenya) pour *H. ergaster* (1,6Ma) ; le *Sinanthropus pekinensis* pour *H. erectus* ; les fossiles de La Ferrassie1 (Dordogne, France), La Chapelle-aux-Saints (Limousin, France) et le moulage

de Kebara2 (Israël) pour les Néandertaliens (environ 60ka) ; le moulage de la mandibule Dmanisi 211 (1,8Ma) pour *H. georgicus* (Géorgie) ; les moulages de Qafzeh 6, 9, 11 (95ka, Israël) et de Skhül V (100ka, Mont Carmel, Israël) pour *H. sapiens*. Nous avons aussi utilisé les documents photographiques des publications du crâne de Herto (BOU-VP-16/1, 160ka, Awash, Ethiopie), du crâne **Dmanisi 2282** et la mandibule **Dmanisi 2600** (*H. georgicus*, Géorgie) et celles du squelette néandertalien de Kebara2 (60ka, Grotte de Kebara, Israël).

METHODE

Notre exposé adoptera le plan suivant : 1°) L'os hyoïde : description et fonctions ; 2°) Le larynx : description et fonctions ; 3°) Embryologie de la face et du cou ; 4°) Croissance de la face et du cou ; 5°) Résultats : la position de l'os hyoïde à la lumière de ces observations et des contraintes anatomophysiologiques.

1°- L'os hyoïde : description et fonctions

Ce nom vient du grec médical *huocidès ostoun*, os en forme d'U (upsilon) et a été donné en 1541, en ce XVIème siècle qui voit l'apparition de nombreux noms médicaux en français, l'enseignement se faisant aussi en français et non plus uniquement en latin [13]. Chez l'Homme actuel, effectivement l'os hyoïde est situé dans la région antérieure du cou, à la limite de la face et du cou, au-dessous et concentriquement au corps de la mandibule. C'est un os impair et médian, incurvé en fer à cheval à concavité postérieure, donc en forme d'U ouvert vers l'arrière [68, 69].

L'os hyoïde est relativement petit. Chez l'adulte, il mesure en moyenne 4,5cm de long et 4cm dans sa plus grande largeur. Il est donc très interne par rapport à la mandibule (fig.6A). Il réalise à lui seul le squelette de la partie antérieure du cou et de la langue par un septum cartilagineux, la colonne vertébrale formant le squelette de la partie postérieure de cette région.

L'os hyoïde n'est articulé avec aucun autre os, il est anatomiquement indépendant du rachis. Os « libre », il est rarement positionné sur les reconstitutions de squelettes. Sur le vivant, il est visible, en place, sur des radiographies mais le larynx, cartilagineux, n'apparaît pas. Avec l'imagerie moderne IRM (Imagerie par Résonance Magnétique), l'os hyoïde et le larynx sont bien apparents mais la position allongée, nécessaire à la prise des clichés, les montre plus haut que dans la posture debout.

L'os hyoïde est généralement méconnu, voire ignoré et pourtant ce petit os est la pièce maîtresse de l'arbre laryngo-trachéo-bronchique et le lieu d'insertion des muscles de la langue et de la mandibule. Ainsi, sur cet os de faible format s'insèrent 26 chefs musculaires, le septum lingual (os de la langue), 10 membranes, 4 ligaments et 2 coulisseaux. Il soutient de façon souple et mobile la langue, le pharynx et le larynx, il est toujours logé entre la base de la langue et le larynx, au-dessous des angles postérieurs de la mandibule (gonions). Cette place, juste sous la mandibule, est définie embryologiquement chez tous les

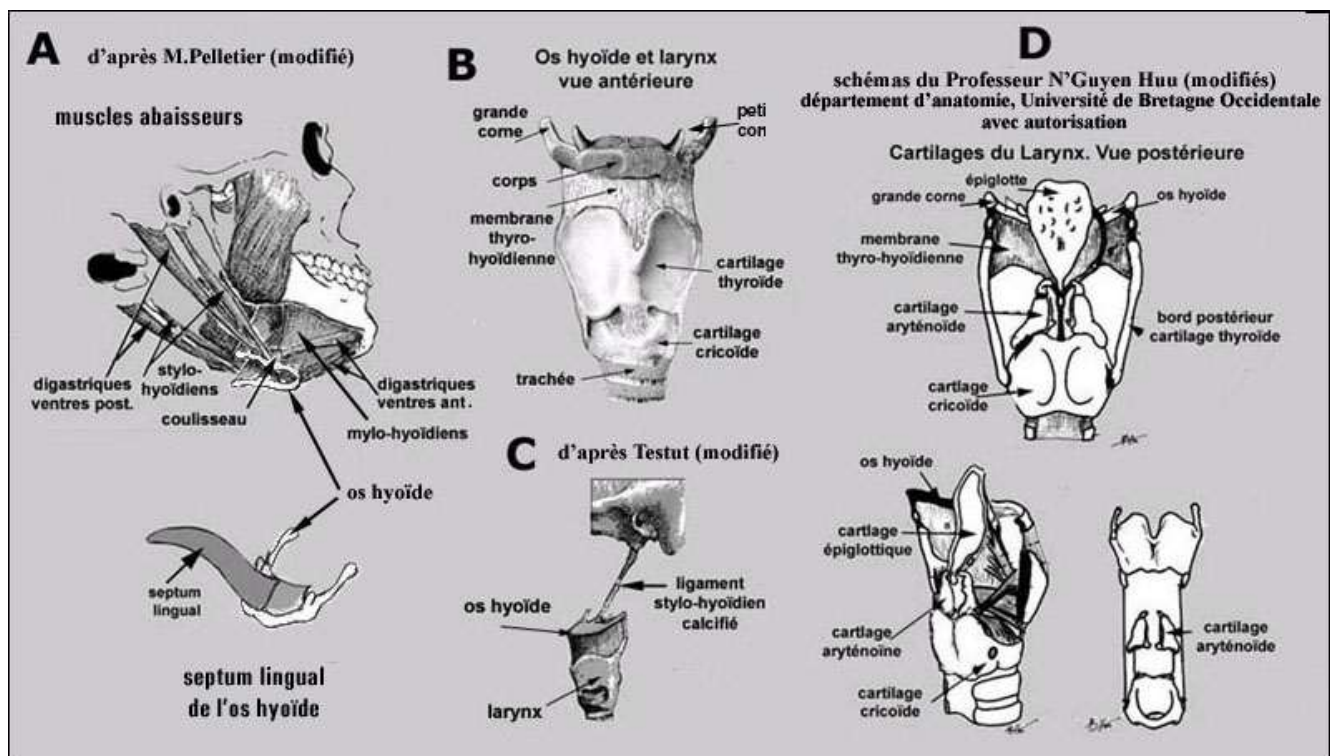


FIGURE 6. — A. Insertions musculaires hyoïdiennes, position de l'os hyoïde par rapport à la mandibule et septum lingual (d'après M. Pelletier, modifié). B. Os hyoïde et larynx (vue de face). C. Ligament stylo-hyoïdien calcifié (d'après Testut, modifié). D schémas du larynx (d'après le Professeur N'Guyen Huu, avec autorisation).

Mammifères comme chez les Hommes modernes, bien sûr. Sa position chez l'Homme adulte est généralement décrite au niveau des vertèbres C3 ou C3/C4. Cette localisation utilise un système de référence, le rachis, qui lui est indépendant tant par ses fonctions anatomiques que par son évolution phylogénique et ontogénique. Nous discuterons ce point qui nous paraît essentiel dans cet article.

L'os hyoïde présente un corps, une paire de grandes cornes et une paire de petites cornes (fig.6B). Le corps de l'os hyoïde est quadrilatère, aplati d'arrière en avant et allongé transversalement. Les petites cornes sont deux petites tubérosités ovoïdes érigées sur son bord supérieur à la jonction du corps et des grandes cornes. Il s'y insère deux forts ligaments suspenseurs, parfois ossifiés, les ligaments stylo-hyoïdiens droit et gauche qui les relient aux apophyses styloïdes des os temporaux. L'ensemble de cette structure de suspension porte le nom d'appareil stylo-hyoïdien (fig.6C). Les grandes cornes font suite aux bords latéraux du corps, elles sont en forme de baguette de tambour aplaties. Il s'y insère des muscles de la langue, un ligament en forme de coulisseau qui sert de poulie au tendon intermédiaire du digastrique, des muscles masticateurs et les muscles constricteurs moyens du pharynx. L'os hyoïde a donc une fonction première, très importante, pour la physiologie de la déglutition, de la mastication, de la respiration, de la ventilation, du maintien et de la mobilité de la langue et secondairement, une fonction dans la phonation puisque le larynx lui est suspendu inférieurement.

2°- Le larynx : description et fonction

Le larynx est un organe impair et médian, situé à la partie moyenne du cou, juste au-dessus de la trachée. Il est positionné en avant du pharynx, dans la cavité duquel il bombe et avec lequel il est en communication, au-dessous de l'os hyoïde et de la base de la langue (fig.6C, D). Il est maintenu en place par sa continuité avec la trachée et le pharynx. Son lien à l'os hyoïde, qui assure son rattachement à la base du crâne, se fait par une membrane thyro-hyoïdienne plus ou moins développée. Bien qu'attaché, le larynx possède une certaine mobilité.

Le squelette du larynx, entièrement cartilagineux, est formé du cartilage thyroïde (facilement repérable à la palpation chez l'Homme car il forme une saillie très nette, « la pomme d'Adam »), du cartilage cricoïde (situé à l'extrémité supérieure de la trachée, en forme d'anneau), du cartilage aryténoïde et de l'épiglotte. Il possède aussi une série de ligaments et de muscles assurant la mobilité de certains cartilages.

Les anneaux de la trachée sont unis entre eux par du tissu fibro-élastique. Ce tissu élastique se prolonge au-dessus du cartilage cricoïde et se rétrécit, formant le cône élastique. Les bandes libres de l'orifice supérieur de ce cône forment les cordes vocales.

Du point de vue fonctionnel, le larynx joue un rôle très important dans la déglutition puisque sa fonction première est de protéger les voies aériennes inférieures contre la pénétration d'éléments étrangers. Ceci se fait par la

fermeture des cordes vocales et de l'épiglotte. Il permet aussi, lors de l'expiration, la production de sons laryngés qui vont être modifiés par résonance dans des cavités diverses (pharynx, bouche, fosses nasales) appelées aussi « résonateurs » et donnant le timbre de la voix. Le larynx n'est que l'un des éléments du conduit vocal. Il participe au timbre et à la puissance des sons émis et non pas à l'articulation du langage. Cet appareil s'est révélé être performant chez l'Homme à la suite des modifications anatomiques et physiologiques générées par les processus évolutifs liés à la bipédie, à la station érigée, et au développement et à la complexification du cerveau, surtout depuis que celui-ci assure, comme organe majeur, une fonction nouvelle qui est la coordination du langage articulé.

Chez tous les Mammifères, le larynx est formé des mêmes parties que chez l'Homme, mais plus ou moins développées et il possède la même fonction de protection des voies respiratoires. Similairement, les sons laryngés sont aussi à la base du « cri » des animaux.

3°- Embryologie de la face et du cou

L'embryologie montre parfaitement l'organogenèse et l'étagement des organes de cette région. La partie supérieure de l'embryon comporte un bourgeon crânien et, au-dessous, six bourrelets disposés horizontalement de haut en bas, empilés les uns sous les autres : les arcs branchiaux (fig.7) séparés par des fentes. Cette disposition est commune à tous les Mammifères et les quatre premiers arcs sont les plus importants [70, 71, 72, 73]. A cette description commentée ci-dessous, il faut bien sûr ajouter, venant des arcs, des fentes et des poches branchiales tous les systèmes nerveux, musculaires, veineux et artériels.

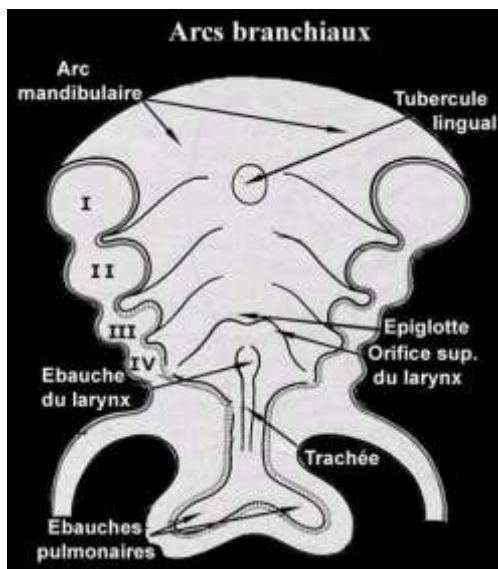


FIGURE 7. — Schéma montrant l'étagement des arcs branchiaux (d'après A. Mugnier modifié)

L'arc n°1 « maxillo-mandibulaire » va donner naissance, par sa face supérieure, au plancher de la bouche et, par sa face inférieure, au cartilage de Meckel impliqué dans la formation de la mandibule, surtout dans sa région symphysaire, et dans celles de la partie antérieure de la langue, du marteau et de l'enclume. Latéralement, il émettra à droite et à gauche un bourgeon maxillaire.

L'arc n°2 « arc hyoïdien » contient le cartilage de Reichert situé au-dessous et en arrière du cartilage de Meckel. Il va donner naissance à la petite corne de l'os hyoïde, au ligament stylo hyoïdien, à l'étrier et à la base de la langue.

L'arc n°3 « arc hyo-thyroïdien » va donner naissance aux grandes cornes et au corps de l'os hyoïde.

Les arcs n°4 et n°5 participent à la formation du squelette cartilagineux du larynx et donneront les cartilages thyroïdien, aryénoïde et cricoïde du corps du larynx. C'est à ce niveau que se constitue l'ébauche du larynx et son ouverture, et juste au-dessous se forme l'ébauche thoracique.

En conclusion, la place de l'os hyoïde et celle du larynx sont définies au cours de l'embryogenèse, et cette place est localisée entre le plan de base de la mandibule (tangent aux bords inférieurs de cet os) et le haut du thorax : elle ne peut pas être située ailleurs. Quant à la chorde, donc le rachis, son origine est autre. Au niveau du cou, il y a donc indépendance entre la zone antérieure (comprenant l'os hyoïde) et la zone postérieure (comprenant le rachis). Ce bref rappel embryologique met donc clairement en évidence qu'il n'existe, entre le rachis (notamment les vertèbres cervicales) et l'os hyoïde, ni de rapports embryologiques, ni de rapports musculaires, osseux ou cartilagineux.

4°- Croissance

La croissance post-natale peut se résumer en trois périodes : 1°) la période de vie infantile, qui se termine avec l'apparition des premières dents permanentes ; 2°) la période juvénile qui dure jusqu'à l'éruption de la dernière dent permanente soit 8 ans, en moyenne, chez les trois genres de Primates anthropomorphes, *Pan*, *Gorilla* et *Pongo* [74], et soit de 16 à 20 ans chez l'Homme ; 3°) la période adulte qui est marquée par des remaniements osseux modifiant plus la forme que le format des os (la stature en est peu affectée, sauf tardivement lors de la sénescence et pour d'autres causes).

La croissance de la face a fait l'objet de très nombreuses études tant en orthodontie [75, 76, 77, 78] qu'en craniométrie (79). Il est montré que la croissance verticale de la face est plus importante au niveau de l'étage inférieur (naso-spinal/gnathion) que de l'étage supérieur (ophrion/naso-spinal), et la mandibule possède une croissance qui dure un peu plus longtemps que celle du maxillaire et celle du corps en général (fig. 8).

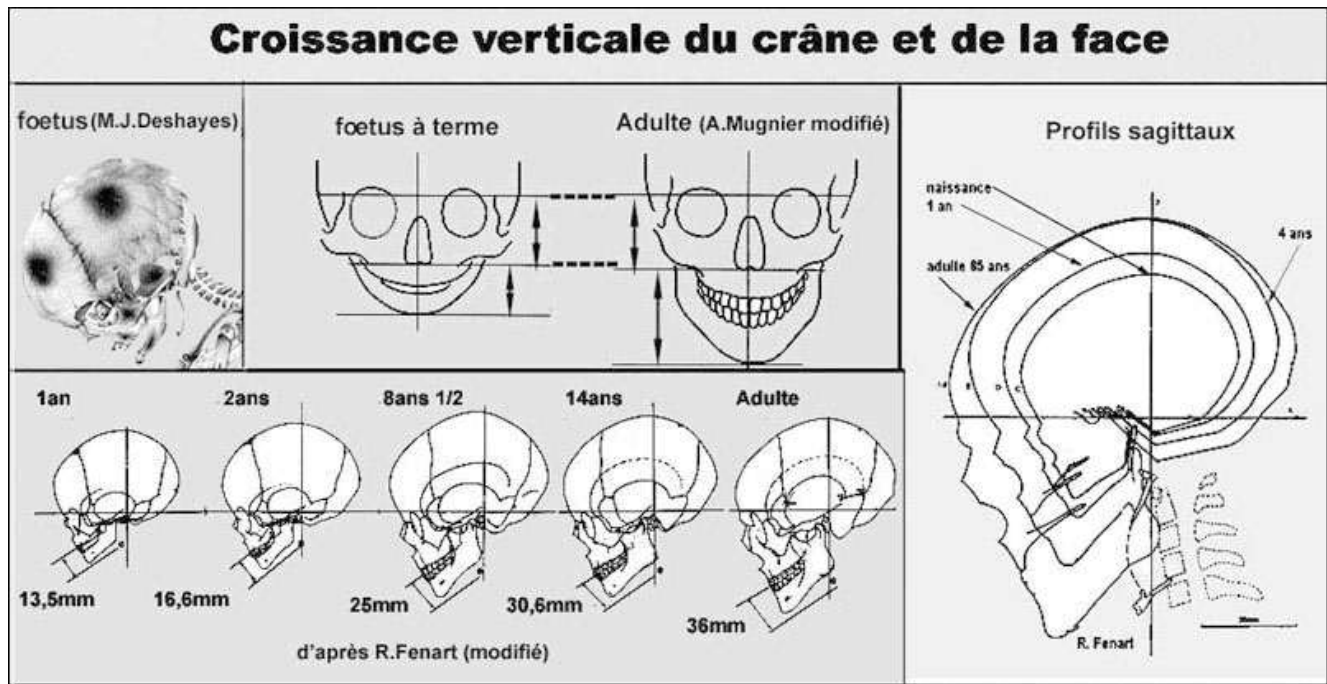


FIGURE 8. — Schémas montrant la croissance verticale allométrique de la face inférieure et de la face supérieure (d'après M.J. Deshayes, A. Mugnier, R. Fenart, modifiés).

De la naissance à l'âge adulte on assiste à l'organisation verticale du développement des structures cranio-facio-cervicales. La synchondrose sphéno-occipitale, située à la frontière entre le neurocrâne et le splanchnocrâne, réalise l'achèvement de la base du crâne. Elle y joue donc un rôle important. Selon la manière dont va évoluer le crâne, dépendra l'orientation du plan foraminien (plan du trou occipital) et la courbure du rachis cervical. En effet, l'écaille de l'occipitale, dans une rotation dite positive [20] au cours de l'ontogenèse, impulse un redressement vertical du basi-occipital. Chez l'Homme, on constate une allométrie de croissance entre, d'une part, le rachis cervical à développement plus rapide et, d'autre part, les structures viscérales antérieures. Les organes vont acquérir leur format et leur morphologie d'adulte. Au sein du complexe hyo-glosso-pharyngé, l'os hyoïde va occuper une position qui dépend de celles des structures qui lui sont proches et qui, par réorganisation du hamac hyoïdien, permet une augmentation de la mobilité linguale dans sa partie sous mandibulaire [80].

En conclusion, c'est au cours de la croissance que la mandibule acquiert sa morphologie d'adulte : le *ramus* se redresse, le menton s'affirme et les procès alvéolaires s'accroissent en hauteur, permettant une cohabitation efficace des dentures temporaire et permanente puis le développement des racines des dents permanentes. Durant cette même phase de croissance, l'os hyoïde se développe principalement dans son format et participe, ainsi, à la croissance du cou. Ce que certains ont considéré, à tort,

comme « une descente du larynx » déterminée par l'obligation de parler, n'est en fait que le résultat de la croissance normale d'un individu de sa naissance à l'âge adulte. Le larynx, primitivement organe de la respiration et de la protection des voies aériennes, est devenu secondairement un maillon de la boucle phonatoire.

5•- Résultats

➤ Cinématique de l'ouverture de la bouche : mandibule et os hyoïde

Comme nous l'avons décrit plus haut, l'os hyoïde participe activement à la mastication, à la déglutition, à l'ouverture et à la fermeture de la bouche, et à la respiration. N'ayant aucune articulation osseuse, il est maintenu en place par les muscles, ligaments, cartilages et membranes qui s'y insèrent, tout en conservant une certaine mobilité. Il est relié au crâne par les 2 ligaments stylo-hyoïdiens, voire les 2 ventres postérieurs du digastrique. Lorsque ce muscle est composé de 2 ventres, le tendon qui les relie passe dans une boutonnière située sur la face supérieure de l'os hyoïde : c'est le cas chez l'Homme⁹. L'os hyoïde est relié à la trachée, donc au thorax, par le larynx.

La mandibule, par sa paire de condyles situés symétriquement au sommet des *ramus*, s'articule dans la paire de cavités glénoïdes temporales. La ligne bicondylienne définit l'axe de rotation de la mandibule. L'abaissement de la mandibule pour l'ouverture de la bouche se réalise en 2 temps (fig.9).

⁹ Chez de nombreux Mammifères, le digastrique n'a qu'un seul ventre. En général, ce sont ceux dont le ramus court positionne le condyle au niveau du plan d'occlusion. Le chef postérieur digastrique s'insère alors directement sur le crâne.

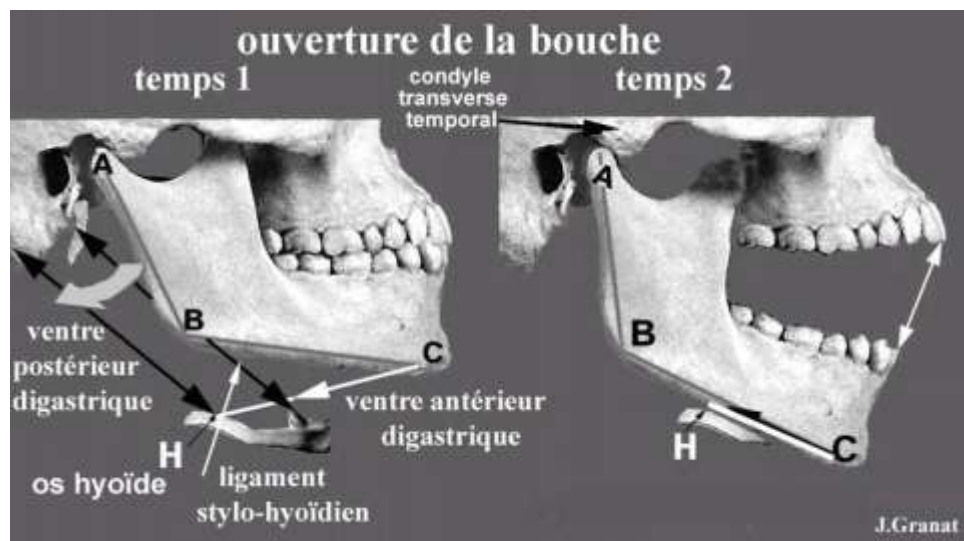


FIGURE 9. — Le rôle de l'os hyoïde dans les 2 temps de l'ouverture de la bouche (cliché J. Granat).

Dans un premier temps, les muscles stylo-hyoïdiens et digastriques postérieurs se contractent, ce qui surélève un peu l'os hyoïde, mais jamais au-dessus du plan de base mandibulaire, et le maintient en place de manière stable, ce qui permettra la contraction des autres muscles abaisseurs. Le muscle stylo-hyoïdien s'insère, d'une part, sur l'apophyse styloïde du temporal et, d'autre part, sur l'os hyoïde par un tendon dédoublé participant au coulisseau dans lequel passe le tendon intermédiaire du digastrique dont le ventre postérieur s'insère en arrière de la mastoïde dans la rainure digastrique (incisure mastoïdienne).

Dans un second temps, les muscles abaisseurs de la mandibule se contractent, ce qui déclenche l'ouverture de la bouche. Ils prennent appui, d'une part, sur l'os hyoïde et, d'autre part, sur la ligne mylo-hyoïdienne de la face interne du *corpus mandibularis* pour le mylo-hyoïdien, sur les apophyses géni inférieures pour les génio-hyoïdiens, dans les fossettes digastriques para-médianes près du bord inférieur de la face interne de la symphyse pour le ventre antérieur du digastrique.

La cinématique mandibulaire est complexe. Pour simplifier, projetons la mandibule sur un plan vertical selon trois points : 'A' pour le condyle, 'B' pour le gonion et 'C' pour la fossette digastrique. L'os hyoïde se projette en un point 'H' sur ce plan. Le vecteur 'CH' représente le ventre antérieur du digastrique, principal abaisseur de la mandibule. Les lois de la physique des forces permettent de démontrer que pour abaisser 'C', en faisant tourner ce solide autour de 'A', donc ouvrir la bouche, la force de traction appliquée en 'C' sera d'autant plus faible que 'H' sera situé le plus bas possible au-dessous de 'B', et que plus la distance 'BC' (longueur de la base de la mandibule) est grande, plus l'intensité de la force de traction devra être importante. Lorsque BC (la base de la mandibule), dans

son mouvement de rotation, rencontrera H, la force sera nulle et le solide 'ABC' aura terminé sa course, l'ouverture de la bouche sera à son maximum. Si l'on force l'ouverture, c'est le point 'A' qui sera poussé vers l'avant s'il n'est pas bloqué dans sa région antérieure. Anatomiquement, c'est le condyle transverse du temporal qui joue ce rôle de butée en fermant vers l'avant la cavité glénoïde.

Transposé dans un contexte anatomique, cette vision schématique de la cinématique mandibulaire permet une explication morpho-fonctionnelle : 1°) plus l'os hyoïde sera éloigné de la base de la mandibule, plus l'ouverture de la bouche sera grande ; 2°) plus la mandibule sera courte, moins les muscles abaisseurs devront être puissants : la mandibule courte de l'Homme moderne est donc avantageuse ; une ouverture forcée peut entraîner une luxation de l'articulation temporo-mandibulaire (ATM) comme cela se remarque en clinique. Cet aspect morpho-fonctionnel de la cinématique mandibulaire implique que l'os hyoïde ne peut se situer qu'au-dessous du plan de base de la mandibule, et que le larynx qui lui est suspendu se placera dans le cou, entre l'os hyoïde et la cage thoracique qui débute au niveau de la première vertèbre dorsale D1.

Les téléradiographies de profil des crânes d'enfants d'âges variés (9, 10, 11, 12, 14 et 16 ans) et d'adultes que nous avons examinées sont quasiment superposables, en tenant compte des erreurs d'incidences radiologiques, quant à la position de l'os hyoïde au-dessous de la mandibule et par rapport à celle-ci : l'os hyoïde est quasi à la même place de 9 ans à l'âge adulte. En revanche, ces radios montrent la grande variabilité de la hauteur des disques intervertébraux cervicaux (fig.10). Ce constat prouve que le rachis cervical est une échelle de référence peu fiable pour localiser l'os hyoïde.

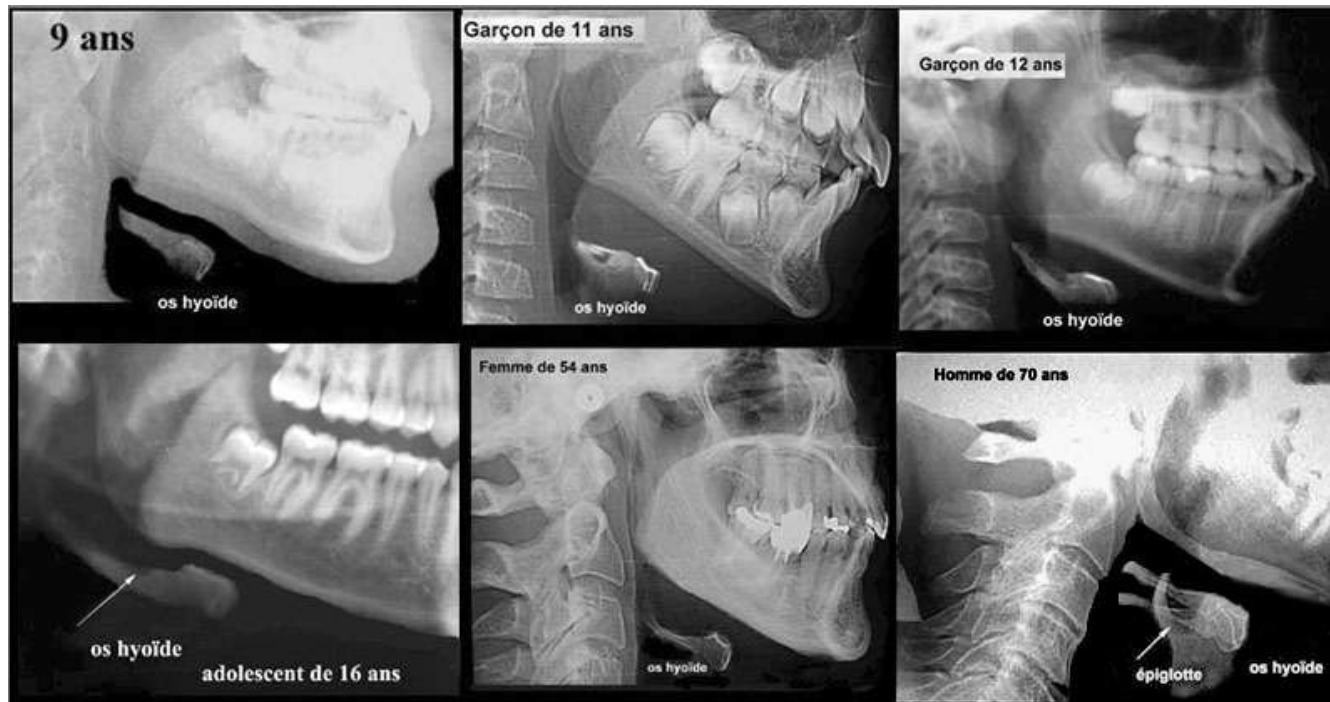


FIGURE 10. —Téléradiographies montrant la position quasi-identique de l'os hyoïde entre 9 ans et l'âge adulte chez des sujets actuels (clichés C.I.M.I.).

Sur le vivant, le cou est ainsi séparé en 2 régions : 1°) la région sus-hyoïdienne entre la base de la mandibule et l'os hyoïde, située au niveau et en arrière du pli du cou qui marque antérieurement la naissance de la partie verticale du cou ; 2°) la région sous-hyoïdienne marquée par la pomme d'Adam qui correspond au larynx.

► Le cou chez quelques Mammifères

Les traités d'anatomie, de splanchnologie animale et d'anatomie comparée [81], montrent que, chez les Mammifères, le larynx est toujours situé sous l'os hyoïde et que ce dernier se trouve entre les deux *ramus* de la mandibule, au niveau des gonions. Chez les Mammifères (Carnivores, ...) dont le *ramus* est de faible hauteur, les condyles mandibulaires sont au niveau du plan d'occlusion, et l'os hyoïde est relativement proche de la base du crâne. Leur mandibule, non synostosée au niveau de la symphyse, comprend donc deux héli-mandibules. Ses mouvements d'ouverture et de fermeture ne sont que verticaux (hortaux). En revanche, chez les Mammifères comme chez l'Homme ou les ruminants, dont le *ramus* est haut, l'ouverture se fait par des mouvements de balancement, voire de diduction. Cette dynamique permet une mastication prolongée sans fortes dépenses d'énergie. L'os hyoïde, toujours au-dessous des gonions, est alors en position plus éloignée de la base du crâne (fig. 11).

Chez tous les Mammifères, la glotte, constituée des cordes vocales qui sont mobiles grâce aux ligaments

aryténoïdes, se ferme pendant la déglutition en plus du clapet épiglottique. En général, chez les Mammifères, le voile du palais, sans lueite, est nettement plus développé que chez l'Homme. Il est en contact permanent avec l'épiglotte qui est, elle aussi, bien développée et en position retrovélaire. Ceci sépare, en partie, la cavité nasale de la cavité orale, ce qui permet de respirer pendant la déglutition. Il arrive pourtant que des aliments pénètrent dans la trachée car la glotte et les cordes vocales ne sont pas hermétiques. Dans ce cas, et par exemple, le Cheval se met à tousser comme le fait l'Homme.

Chez tous les Mammifères, à l'exception des Primates, le volume crânien est faible par rapport à la taille générale de l'animal. Seuls les Primates¹⁰ ont un crâne relativement plus développé et, parmi eux, les représentants du genre *Homo* ont un crâne dont le volume atteint de fortes capacités. Le format de la tête est sans relation avec celui du cou, et la longueur du cou est sans influence sur la taille et la position du larynx.

Les vertèbres cervicales des Mammifères sont toujours au nombre de 7, mais leur taille et leur morphologie connaissent une forte variabilité d'une espèce à une autre. Chez la plupart des Mammifères quadrupèdes, nous avons observé que pour soutenir la tête les deux premières cervicales, l'atlas et l'axis, sont nettement plus développées que les vertèbres suivantes, et que leur taille varie d'une espèce à l'autre. Chez le Lapin, les trois premières

¹⁰ Primates, nom donné par Carl Linné en 1758 dans la 10^{ème} édition du "systema naturæ" et signifiant "les Premiers". Linné regroupait dans cette catégorie, première donc supérieure, les Singes et l'Homme, par opposition aux autres animaux que le savant répartissait en Secondates et Tertiates. La systématique n'a retenu que le taxon de Primates.

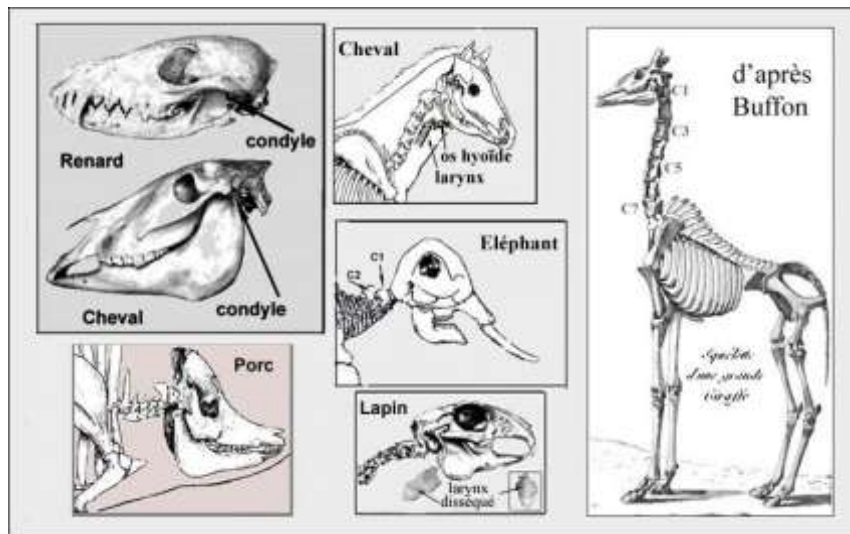


FIGURE 11. — Crânes et colonne cervicale de quelques mammifères montrant la variabilité de la taille des vertèbres entre elles et la différence de hauteur du ramus entre un herbivore et un carnivore (d'après R. Barone et Buffon modifiés).

cervicales sont en taille décroissante. L'os hyoïde, lorsqu'il n'est pas ossifié en totalité, est difficile à isoler, et la dissection des deux lapins que nous avons pratiquée nous a confrontés à cette difficulté. Le larynx, plus aisé à localiser, est là où on s'attend à le trouver c'est-à-dire au-dessous du plan de base de la mandibule, et sa morphologie est comparable à celle des autres Mammifères dont l'Homme, seule sa taille est différente. Chez la Girafe, les 7 vertèbres cervicales ont chacune une hauteur de 40cm environ. Si, selon les affirmations de certains, l'os hyoïde doit se trouver face à C2 ou C3, il se situerait à 1m environ de la base de la mandibule, donc au milieu du cou ! Similairement, chez l'Eléphant, les deux premières vertèbres représentent à peu près la moitié de la longueur des sept cervicales.

Chez le Porc, les dissections du cou exécutées par les Docteurs Guintard et Betti, vétérinaires à Nantes, et qu'ils ont photographiées en diaporama pour nous, montrent parfaitement la place de l'os l'hyoïde et celle du larynx qui

occupe la *quasi* longueur du cou (fig.12). Le larynx du Porc est composé comme celui de l'Homme actuel, mais son épiglotte est très volumineuse. En revanche, la morphologie de son os hyoïde est différente de la nôtre. Son corps est petit, quadrangulaire et aux angles arrondis. Les 2 grandes cornes très larges bordent le corps latéralement puis se dirigent vers l'arrière en décrivant une courbe à concavité interne. Bombées extérieurement, elles sont légèrement concaves sur la face interne. Les deux petites cornes, très rapprochées, sont de gros tubercules osseux qui prennent naissance sur l'extrémité antéro-supérieure des grandes cornes et sont reliées au corps par un petit ligament. Les photographies des os hyoïdes d'un Homme moderne, du Porc et d'un Homme de Néandertal, Kebara2, permettent de s'interroger sur le bien fondé des propos de Laitman qui affirmait, que parmi les Mammifères, l'os hyoïde du Porc était plus proche de celui de l'Homme moderne que celui de Kebara.



FIGURE 12. — Dissection d'un porc montrant la position de l'os hyoïde et du larynx, clichés aimablement communiqués par les Docteurs Claude Guintard et Eric Betti (Unité d'anatomie comparée Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes). Comparaison des os hyoïde de porc, de Kebara2 et d'un Homme moderne

Ces quelques exemples confortent l'idée que choisir de définir la position de l'os hyoïde en se référant aux vertèbres donc, d'une certaine manière, à la longueur du cou est une solution peu fiable.

Le rachis cervical des Mammifères est toujours plus ou moins redressé, à l'exception du Porc dont le cou bref est horizontal. Chez tous les Mammifères, l'axe du larynx fait une angulation plus ou moins prononcée avec celui du rachis cervical, sauf chez le Porc où tous deux sont à l'horizontale et dans le genre *Homo* où ils sont proches de la verticalité. Ces axes différents rendent plus difficile la prise de repères entre deux organes qui évoluent indépendamment l'un de l'autre et dans des directions différentes.

La grande variabilité observée pour la morphologie du cou, la taille des vertèbres cervicales et la posture des animaux, et l'indépendance entre l'ensemble vertébral et le complexe laryngo-hyoïdien, justifient notre scepticisme quant à la pertinence d'une prise de repères cervicaux pour définir une place à l'os hyoïde en vue de comparaisons inter-spécifiques. Ces repères ne peuvent être que sources d'erreurs d'interprétation. Toutefois, il sera possible de les utiliser à l'intérieur d'une même espèce mais avec réserves étant donnée la variabilité inter-individuelle que l'on constate tant sur la taille des vertèbres que sur l'épaisseur des disques intervertébraux.

➤ Les grands singes : *Gorilla*, *Pan* et *Pongo*

Les assertions des auteurs qui défendent la « descente du larynx » chez l'Homme moderne et la conservation d'une « position haute » chez les singes nous ont conduits à quelques vérifications, d'autant plus que bon nombre d'affirmations de ces auteurs ne correspondaient nullement à nos propres observations. En exemple, les propos de Crelin (6) qui font encore autorité : « C'est vers deux ans que l'enfant parle un langage articulé comme celui de ses parents. La position basse du larynx pourrait être une condition au développement du langage articulé chez l'homme, à la différence des singes qui gardent toute leur vie la position haute du larynx ».

Sur le squelette reconstitué de trois Gorilles, de deux Chimpanzés et de deux Orangs-Outans que nous avons examinés, l'os hyoïde était absent mais nous avons pu estimer qu'il devait être plus près de la cage thoracique que ne l'est celui de l'Homme actuel (fig.13). Après maintes recherches, nous avons pu contrôler la place de l'os hyoïde et du larynx sur le Gorille écorché du Musée Orfila de Paris et sur celui du Laboratoire d'Anatomie comparée du MNHN, et sur l'Orang-Outan, lors des dissections que nous avons pratiquées au MNHN, sur deux jeunes femelles dont l'une était mort-née en 1964 (n°S3-M2-C.17) et l'autre morte en 1935 (S3-M6-C.169), mais l'âge n'était pas mentionné.

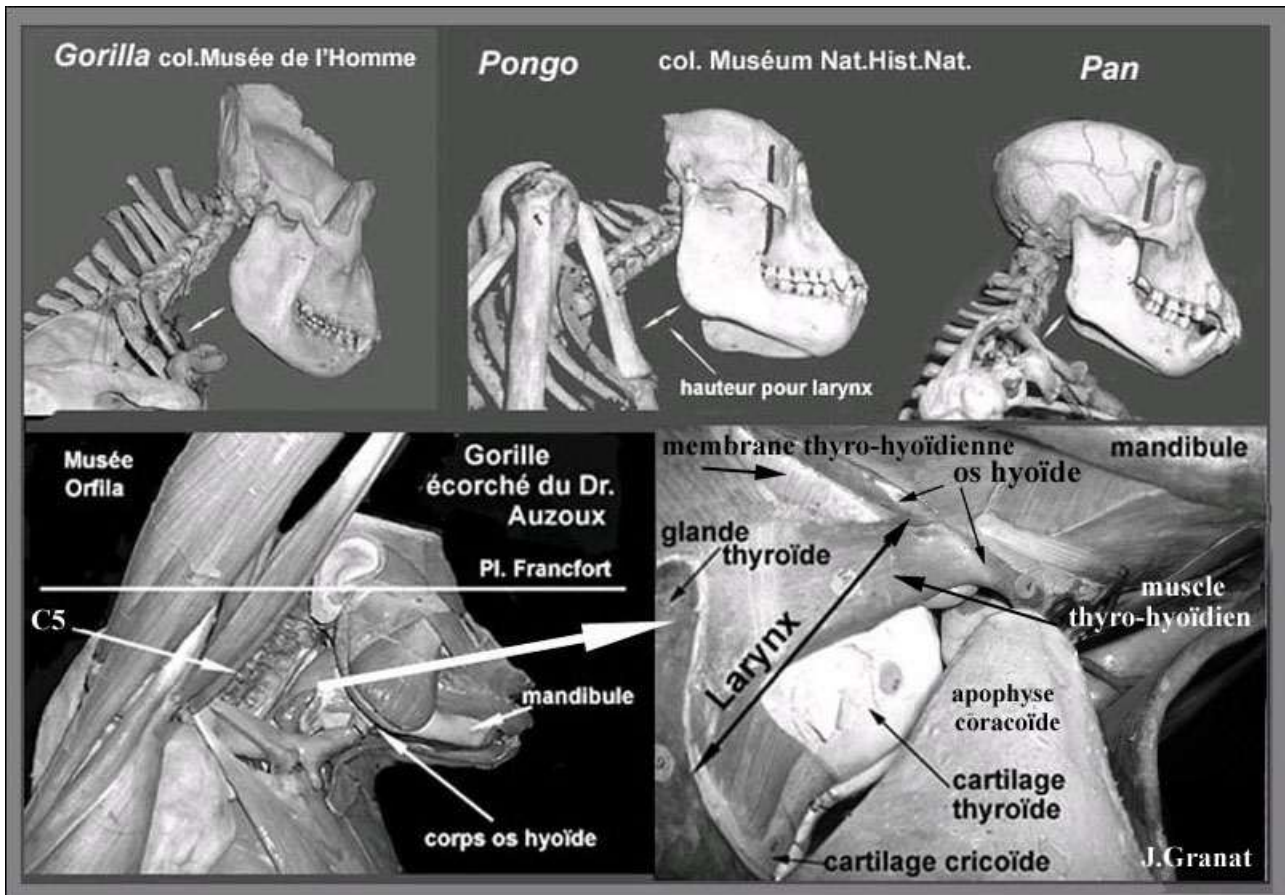


FIGURE 13. — Hauteur de colonne cervicale entre la base de la mandibule et la ceinture scapulaire chez Gorilla, Pan et Pongo. Position du larynx chez Gorilla (cliché J. Granat).

Sur les deux écorchés de Gorille, le cou est court et la face proéminente avec une mandibule très haute et longue. L'os hyoïde, relativement long, se situe bien concentriquement à la mandibule et au-dessous du plan de base de la mandibule. Le rachis cervical est oblique de haut en bas et d'avant en arrière et son axe fait un angle de 40° environ avec la verticale. Le larynx dont l'obliquité est plus prononcée fait un angle plus ouvert vers le haut d'environ 70° avec la verticale et de 30° environ avec le rachis cervical. Chez ces singes à posture semi-érigée, le rachis ne présente que deux courbures : une courbure cervicale en légère lordose et une dorso-lombo-sacrée en cyphose. Les vertèbres cervicales ont de fortes apophyses épineuses pour l'insertion des muscles de la nuque très puissants. La distance, entre la base de la mandibule et le début du thorax, est réduite, si bien que le larynx s'est développé en largeur plus qu'en hauteur, comme la membrane thyro-hyoïdienne. Le larynx est donc bas situé dans le cou. Les dissections que nous avons pratiquées chez les deux jeunes Orangs ont montré un larynx sous mandibulaire en accord avec l'âge et s'arrêtant juste au début du thorax.

Chez ces grands singes, la mandibule est haute et lourde. Pour la maintenir en position de repos, les muscles masticateurs sont actifs. Le puissant développement du masséter et du temporal que l'on observe sur les reconstitutions en écorché permet d'apprécier la grande intensité de la force mise en œuvre dans les simples mouvements d'élévation de la mandibule. A l'inverse, le mouvement d'abaissement met en jeu les muscles insérés sur l'os hyoïde et dont la position ne peut être que sous le plan de base de la mandibule. Le larynx ne peut être que bas situé dans ce cou trapu et court que nous montre la reconstitution en position anatomique présentée par ces deux écorchés.

L'observation des squelettes de ces grands singes à la face haute et proéminente montre que l'orientation du crâne est déterminante pour trouver un rapport avec la colonne cervicale. L'os hyoïde, situé bien en avant des vertèbres, aura des repères très différents suivant l'inclinaison de la mandibule. Chez l'Homme, sans face proéminente et avec un crâne en équilibre sur le rachis cervical, la variation dans l'estimation de la position de l'os hyoïde est plus faible. Ces observations prouvent que privilégier une vertèbre comme repère de la position de l'os de l'hyoïde est, au mieux, imprécis et au pire non significatif. L'os hyoïde et le larynx sous-jacent se logent entre la base de la mandibule et le début du thorax.

Malgré un larynx bas situé dans le cou, les grands singes ne parlent pas. Le stade d'évolution de leur cerveau ne leur permet pas de le faire, certaines facultés leur faisant défaut ou s'exprimant avec une trop faible envergure ; il s'agit, principalement, du contrôle volontaire de la voix et des capacités d'imitation et d'apprentissage comme acte volontaire et conscient. Les débats contradictoires des années 1970 menés à propos des singes entraînés linguistiquement, les « singes parlants », se sont soldés pour certains chercheurs par l'affirmation que les singes ne parlent pas et ne pourront jamais parler [82], parce qu'une espèce qui ne possède certaines facultés que faiblement

développées ne peut acquérir le langage parlé [83], tel qu'il est classiquement défini. D'autres chercheurs qui admettent avec E. Bates que le langage est un outil symbolique visant à modifier le comportement de l'auditeur, ont repris des recherches sur les capacités techniques et d'imitation. Il est maintenant admis qu'il existe des différences dans le développement cognitif entre Primates non anthropoïdes et anthropoïdes [84], notamment chez les Bonobos, que les Chimpanzés élaborent des communautés matérielles qualifiées de « culture ». Il a même été décrit une femelle chimpanzé de la forêt de Taï (Cote d'Ivoire) manifestant envers son petit un comportement pédagogique d'apprentissage du cassage des noix. Si les trois dernières décennies nous conduisent à inverser la question adressée à l'intelligence des « singes parlants » en « sommes-nous assez intelligents pour comprendre l'intelligence des singes ? » [85], le fait reste acquis que leur morphologie cranio-maxillo-dento-faciale, très éloignée de celle de tous les Hommes, rend certainement très difficile voire impossible une prononciation semblable à la nôtre.

➤ L'os hyoïde et le larynx dans le genre *Homo*

Tous les fossiles attribués au genre *Homo* ont une posture érigée et une marche bipède. Leur rachis cervical est orienté selon un axe vertical et les vertèbres qui le constituent sont de taille inférieure ou comparable à celles des Hommes modernes [86]. A l'exception de ces derniers, les représentants du genre *Homo* ont un crâne de faible hauteur par rapport aux autres dimensions. Sous une orientation du crâne dans le plan de Francfort, le trou occipital est dans un plan horizontal qui coupe la face au niveau de la base de la suture maxillo-malaire, donc très au-dessus de l'arcade dentaire, et C1 est donc à ce niveau (fig.14).

Chez l'Homme moderne, l'augmentation de hauteur du crâne et la bascule de l'occipital imposent une orientation du trou occipital, et donc la position de C1, sur un plan horizontal coupant l'arcade alvéolaire maxillaire au niveau du collet des dents. La distance entre la base de la mandibule et le thorax est, de ce fait, plus élevée, et le cou est plus développé en hauteur que celui des Hommes fossiles, de l'épaisseur d'une vertèbre environ. Comme le larynx ne peut se situer, au sein du cou, qu'entre le bord inférieur de la mandibule et les clavicules, le larynx actuel a donc plus de place pour se développer en hauteur.

L'anatomie bucco-pharyno-laryngée de ces Hommes fossiles ressemblait probablement beaucoup à la nôtre. Puisque nous parlons, leur larynx et leur os hyoïde, parties du conduit phonique, leur permettaient certainement aussi, de parler. Quant à savoir s'ils parlaient, c'est une autre question qui met en jeu le développement du cerveau et les possibilités connexes d'apprendre, de mémoriser et de communiquer [87, 88, 89]. Développement qui a certainement demandé des milliers, sinon des millions d'années [90]. Nous n'envisageons ici que le langage articulé, mais sans oublier l'existence d'autres moyens de communication.

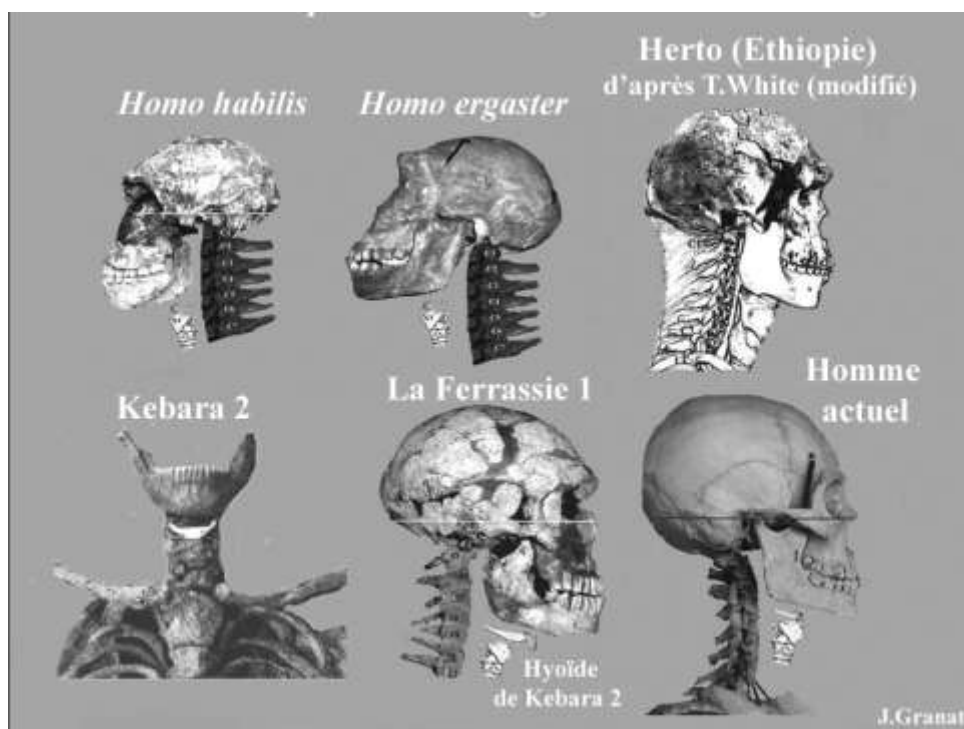


FIGURE 14. — Reconstruction de la position de l'os hyoïde et du larynx chez six représentants du genre *Homo* auxquels nous avons adjoint une colonne cervicale (cliché J. Granat).

Dans la perspective d'une telle étude des Hommes fossiles, nous avons mis en œuvre la reconstitution de leur anatomie bucco-pharyno-laryngée conformément à ce que nous estimons être les exigences anatomo-physiologiques. Nous pouvons admettre, à ce stade final de l'étude, que pour estimer la position probable de l'os hyoïde et du larynx au sein de chaque espèce du genre *Homo*, il est indispensable de pouvoir préalablement évaluer la hauteur disponible entre le plan de base de la mandibule et la face distale de la dernière vertèbre cervicale utilisée comme marqueur du début de la cage thoracique. Pour reconstruire la place du larynx, il faut, en premier, estimer celle de l'os hyoïde puis, compte tenu de la place libre au-dessous, placer le larynx. La condition la plus favorable est de disposer d'un crâne associé à sa mandibule et à son rachis cervical ; comme la possibilité d'une telle association est exceptionnelle, il a fallu composer en réalisant des chimères utilisant les ossements de plusieurs individus. Nous sommes conscients que les résultats que nous proposons manquent de précision, mais nous souhaitons que nos reconstructions de la position de l'os hyoïde et de celle du larynx sous-jacent des Hommes fossiles puissent au moins servir d'estimateurs corrects.

Pour reconstruire la position de l'os hyoïde et du larynx chez *H. habilis*, os peu évoqués dans la littérature, nous avons adjoint la mandibule OH13 au crâne KNMER1813 [91]. Ces deux fossiles proviennent de deux sites différents mais ils présentent l'avantage de s'adapter d'une manière acceptable au niveau de l'occlusion dentaire. Comme nous ne disposons d'aucune vertèbre pour cette espèce, nous

avons utilisé celles de l'espèce la plus proche chronologiquement et géographiquement, c'est-à-dire une partie du rachis de KNMWT15000, un *H. ergaster* daté de 1,6Ma dont le volume cérébral est un peu plus élevé. Ce rachis bien conservé comprend 19 vertèbres dont 2 cervicales, C6 et C7, 12 dorsales et 5 lombaires. Les disques inter-vertébraux sont reconstruits sur le moulage du rachis [92, 93] mis à notre disposition au Laboratoire d'Anthropologie du Musée de l'Homme. Nous avons donc, à partir de C6 et de C7 existantes, reconstruit les 5 vertèbres cervicales manquantes et positionné cette colonne cervicale sous le crâne. En suivant le protocole établi, nous avons reconstruit la position probable de l'os hyoïde et du larynx. Elle se situe plus près du thorax que chez l'Homme actuel. Dans ces conditions, si l'on applique la loi de la « descente du larynx », *H. habilis* ayant un larynx plus bas situé que le nôtre devait s'exprimer par un langage articulé parfait.

Pour l'espèce *H. ergaster*, la découverte exceptionnelle d'un individu presque complet, KNMWT15000, nous apporte des conditions de reconstruction très favorables. Ce fossile répond à presque toutes nos exigences puisque crâne, mandibule et rachis peuvent être associés. Nous avons positionné le rachis cervical tel que complété pour *H. habilis* sous le trou occipital. Son larynx reconstruit est bas situé dans un cou court comme chez *H. habilis*. Ce sujet, d'environ 12 ans, mesurait déjà 160cm. Nous avons comparé ses os avec ceux d'un squelette actuel de stature semblable : le fémur, le tibia et la fibula sont chacun d'une taille comparable à celle de l'individu de référence ; en revanche, la partie conservée du rachis est beaucoup plus

courte. Lorsque l'on place au même niveau C6 de WT15000 et C6 de l'Homme moderne, alors L5 de WT15000 se situe entre L2 et L3 de l'Homme moderne. Cet *H. ergaster* avait donc proportionnellement un tronc plus court que celui de l'Homme actuel.

Pour les Hommes de Néandertal, les résultats déduits de nos reconstructions sont encore plus fiables. Les Collections HNS du MNHN localisée au Laboratoire d'anthropologie du Musée de l'Homme comportent en effet deux fossiles quasi complets, La Ferrassie1 et La Chapelle-aux-Saints. Ces squelettes munis de leur crâne, mandibule et vertèbres représentent un bon outil de travail. Nous avons reconstruit le rachis cervical en y ajoutant virtuellement les disques intervertébraux. La lordose y est peu prononcée. Nous lui avons adjoint le moulage de l'os hyoïde d'un autre Néandertalien, Kebara2, seul hyoïde fossile retrouvé [94]. L'Homme de La Ferrassie1 [95] présente un fort développement de tout son massif facial, en hauteur et en profondeur. Comme chez tous les Néandertaliens, il n'y a pas d'angulation de la pommette, malaire et maxillaire sont dans le même plan, la face est en proue de navire (oncognathie) et l'occlusion est labiodontale. La fosse canine est inexistante. La région cervicale sous mandibulaire étant réduite, le cou devait être relativement court. Le larynx moderne mesure, en moyenne, 5cm de hauteur. S'il en est de même chez La Ferrassie, il trouve sa place entre l'os hyoïde et la cage thoracique en faisant face aux corps vertébraux de C5, C6 et C7, alors qu'actuellement le larynx, chez l'Homme, est décrit en regard de C4, C5 et C6. Le larynx de l'Homme de La Ferrassie était donc plus bas que le nôtre, voire un peu plus court. Il en va de même pour La Chapelle-aux-Saints, d'après la reconstitution de M. Boule [96] tant critiquée et, lorsqu'on utilise la nouvelle reconstruction du crâne établie par J.-L. Heim, le cou paraît encore plus bref. Chez ces Hommes fossiles, les reconstructions que nous avons réalisées montrent, lorsque comparées à l'anatomie de l'Homme moderne, une position plus basse de l'os hyoïde et du larynx mais ces os pouvaient être plus courts, et plus ou moins larges. Des études récentes montrent que l'influence de la taille du larynx sur le langage n'est pas aussi déterminante qu'on ne le dit [97]. L'Homme de Néandertal avait un appareil phonatoire qui lui donnait potentiellement la possibilité de parler.

Pour les Hommes fossiles anatomiquement modernes, les crânes retrouvés sont nombreux mais peu possèdent la mandibule et la colonne cervicale associées. Sur une reconstitution de l'Homme de Herto (BOU-VP-16/1) de 160ka [30], l'os hyoïde et le larynx, non retrouvés, sont figurés. Leurs places correspondent à celles que nous avons réalisées sur les fossiles du genre *Homo*. Ce fossile est considéré comme un intermédiaire entre les *H. sapiens* archaïques, notamment Kabwe (Zambie) daté entre 125 et 400ka, et les *H. sapiens fossilis* bien représenté par Qafzeh9 (Israël) daté de 95ka. La photographie de la sépulture de Qafzeh9 [31] montre crâne et squelette *in situ*. La position probable du larynx paraît semblable à celle des Hommes actuels.

Comme expérience supplémentaire, nous avons recherché, en respectant le même protocole que précédemment, où se positionneraient l'os hyoïde puis le larynx sur quelques-unes des reconstitutions squelettiques d'Hommes actuels conservés au Musée de l'Homme. Les positions estimées sont conformes à toutes les reproductions et dissections [98] de larynx modernes. Il n'y a donc aucune raison de ne pas admettre le bien-fondé des reconstitutions sur les Hommes fossiles et d'admettre qu'en présence des pièces osseuses nécessaires, l'on puisse estimer une probable reconstruction de la position du larynx.

Le Primate, toujours inconnu, ancêtre commun du rameau à posture érigée et de celui à posture semi-érigée aurait probablement 10Ma sinon plus [99]. Ces deux voies évolutives ont conduit aux représentants actuels des Hommes et des grands singes, chez lesquels nous ne pouvons que constater et analyser les différences résultant des apomorphies accumulées chez les uns et les autres depuis leur séparation. Les similitudes doivent être considérées comme les plésiomorphies conservées de cet ancêtre commun. Les nombreux fossiles qui jalonnent le *phylum* de l'Homme permettent de suivre son évolution. En revanche, le rameau des grands singes en est presque totalement dépourvu et nous ne connaissons pas les stades intermédiaires depuis l'ancêtre commun jusqu'aux formes actuelles, même si certains fossiles tels *Sahelanthropus tchadensis* [100, 101] et *Ardipithecus ramidus* [102, 103] sont parfois évoqués. Toute comparaison avec les singes actuels pour envisager notre évolution ne nous semble plus d'actualité.

CONCLUSION

Cette étude menée sur l'os hyoïde et le larynx de certains Mammifères considère ces deux os comme des éléments de l'ensemble anatomique formé par la tête et le cou. C'est dans ce contexte conceptuel que nous interrogeons l'affirmation, originellement formulée par Liberman, Crelin et Laitman mais largement relayée depuis, qui ancre le langage à « la descente du larynx ».

Du point de vue morpho-fonctionnel, que nous adoptons, l'évolution d'un organe est associée aux modifications des organes avec lesquels il est fonctionnellement en relation. Nous considérons l'os hyoïde et le larynx comme appartenant fondamentalement au sous-ensemble du cou antérieur, lui-même très lié à la moitié inférieure de la face. La modification de ces deux organes, tant dans leur morphologie et leur localisation que dans leur fonction, résulte principalement des modifications phylogéniques et ontogéniques des zones sus-jacentes maxillo-mandibulaire et alvéolo-dentaires. C'est un tout autre point de vue que sous-tend l'hypothèse de « la descente du larynx », séduisante puisqu'elle connaît un grand succès, mais dont nous discutons, au-delà de la querelle des mots, le fondement. Cette hypothèse propose le repérage de l'os hyoïde et du larynx dans un système référentiel, le rachis, soumis à d'autres contraintes. De plus,

elle localise ces deux éléments du cou antérieur en utilisant comme échelle la séquence des vertèbres cervicales totalement indépendante, tant par ses fonctions anatomiques que par son évolution phylogénique et ontogénique, et qui réalise, quant à elle, le squelette du cou postérieur.

L'hypothèse selon laquelle il y aurait chez l'Homme actuel une « descente du larynx » d'une position dite « haute » chez l'enfant à une position « basse » chez l'adulte évoque une cinématique du larynx qui suivrait un trajet de haut en bas s'arrêtant juste au-dessus de la cage thoracique à la puberté, alors que son environnement anatomique et son référentiel pour le repérer, le rachis cervical, resterait inchangé. Pour Liberman, ce glissement vers le bas, condition nécessaire d'avoir un langage articulé, ne concerne que l'Homme moderne et sa lignée *H. sapiens* depuis 90ka. Il serait la conséquence de sa volonté de s'exprimer, le transformant ainsi en Homme véritable. Nous insistons, en conséquence, sur le risque interprétatif d'une telle assertion, la « descente du larynx », en ce qu'elle élude la complexité évolutive de cet ensemble anatomique.

Nous argumentons notre propos à partir de données concernant les Mammifères et notamment les Primates anthropoïdes non humains, et les Hommes actuels et fossiles. Notre *corpus* de données est constitué d'observations inédites et de documents bibliographiques. La source directe résulte de l'examen de dissections, de radiologies et de squelettes reconstitués. Les données bibliographiques concernent l'embryogénèse, la croissance et l'évolution.

Ces données nous conduisent à reconsidérer l'étiologie de la position du larynx et de l'os hyoïde chez l'Homme actuel adulte, et à la présenter comme étant l'aboutissement de l'évolution du genre *Homo*, liée à l'acquisition d'une bipédie très spécialisée, des modifications cranio-faciales qui l'ont accompagnée et de la croissance individuelle. L'emplacement du larynx dans le cou de tous les Mammifères y est contraint par l'embryogénèse, l'ontogénèse et la physiologie au sein d'un ensemble anatomique où chaque organe s'est modifié au cours de l'évolution de chacun. Dans le genre *Homo*, la station verticale permanente devenue possible, le développement et le perfectionnement du cerveau, l'augmentation de hauteur de la cavité buccale, la mobilité avec une précision plus contrôlée de la langue, sont des spécialisations adaptatives du *phylum* humain dont l'une des conséquences est l'orientation verticale de l'axe du larynx, avantage adaptatif très favorable au « parler » en ce qu'il optimise la transmission du souffle et la puissance des sons émis. Le larynx, primitivement organe de la respiration et de la protection des voies aériennes, est devenu secondairement un maillon de la boucle phonatoire. L'appareil phonatoire tel que nous l'observons dans le genre *Homo*, est aussi le résultat de cette longue évolution.

La position reculée de la mandibule sous une tête posée en équilibre stable au sommet du rachis cervical induit une lordose accentuée, alors qu'une position avancée de la mandibule accompagne une tête en extension atténuant la lordose cervicale. Le menton saillant qui en résulte

s'accorde avec une arcade alvéolo-dentaire elliptique, arrondie dans son segment antérieur et une occlusion psalidodonte [104, 105]. L'arcade alvéolo-dentaire en position reculée sur le corps mandibulaire diminue le volume de la cage à langue et empêche le développement exagéré de celle-ci. Le recouvrement incisif permet une oblitération antérieure de la bouche et évite que la langue s'interpose en permanence entre les incisives. Cette disposition régulière et ininterrompue des dents en deux arcades avait déjà frappée les Anciens : Eamathe l'appelle « le chœur des dents », Pollux « la clôture des dents » et Homère la nomme « la barrière des dents », la « frontière des dents » [106] et réserve « l'enclos des dents » pour désigner les lèvres. Cet ensemble cage à langue, dents, lèvres, est maîtrisé par le cerveau avec une si grande précision chez l'Homme qu'il est utilisé par certains artistes. Au Gabon, par exemple, l'arc musical s'utilise en mettant la corde de l'arc entre les lèvres légèrement ouvertes. Le son maître est émis en frappant la corde avec un bâtonnet, et les harmoniques sont produites par une variation de hauteur de la cavité buccale [107]. Cette spécificité humaine était déjà connue des artistes antiques de la grotte des Trois Frères en Ariège (15ka) qui ont figuré le musicien à l'arc musical séduisant une vache et l'ont immortalisé sous les traits d'un sorcier cornu mi-homme, mi-animal [108]. Et pour l'Homme « parlant », l'occlusion dentaire psalidodonte pourrait représenter un avantage adaptatif supplémentaire en ce qu'elle lui permet de prononcer certains phonèmes qui nécessitent, pour la langue, un appui rétro-incisif maxillaire.

La station verticale permanente et les modifications adaptatives de tout le squelette, notamment du bassin, du rachis et du crâne, qui lui sont liées impliquent également la libération des mains de toute contrainte locomotrice et une amélioration de la dextérité manuelle favorisée par une nouvelle organisation de la fonction de commande motrice du cerveau. La modification du port de la tête sur un cou en lordose accentuée a contraint le larynx dans une orientation verticale, position qui se révèle favorable aux aptitudes phonatoires et qui a peut-être conduit, de ce fait, à privilégier l'émission vocale parmi les différentes possibilités de communication.

Le langage articulé « parlé » apparaît donc une acquisition *a posteriori* au sein de remaniements morphologiques et physiologiques résultant des processus sélectifs qui ont concerné la posture, la dextérité manuelle et le développement du cerveau. Depuis la prise de conscience par l'Homme de la possibilité avantageuse qu'il avait, non pas d'utiliser les sons comme les Mammifères le font, mais de les modifier pour communiquer plus efficacement, de les mémoriser et de les enseigner à d'autres, il a certainement fallu beaucoup de temps. L'invention de ce nouvel outil très spécifique qu'est le langage a pu se faire progressivement sur des millions d'années. Réaliser qu'il fallait apprendre à parler aux très jeunes, sinon ils n'en seraient plus capables a aussi certainement demandé une longue expérimentation. L'allongement de la durée de l'enfance par une série de processus sélectifs augmentant notamment la maturation

physiologique [35] a sûrement favorisé cet apprentissage didacticiel. La mémoire est sans aucun doute l'un des moteurs de l'évolution culturelle. Les ethnologues retranscrivant la mémoire orale des sociétés qu'ils étudient témoignent de l'importance que les humains attachent à leur mémoire longue [109]. On peut concevoir le trouble émotif des premiers Hommes qui ont réalisé qu'ils se souvenaient de faits passés et qu'ils les imaginaient sans les voir, puis la peur de l'oubli qui a dû les envahir. Communiquer son savoir par crainte de ne plus s'en souvenir est devenu une nécessité. La transmission orale a pu se réaliser grâce à un appareil phonatoire adéquat mais la parole n'est que du son sans images. Aux nombreuses explications existantes à propos de l'art préhistorique, peut-être que celle envisageant la fonction de la mémoire devrait être mieux explorée. Récemment, ce lien entre mémoire, image et langage s'est concrétisé dans cette nouvelle caractérisation de l'humain comme « sujet imageant » que propose M.-J. MONDZAIN [110] et qui repose sur l'hypothèse que seul les Hommes voient des images ou selon ses termes que « le sujet qui voit est un sujet parlant ». Nous savons que les humains partagent l'organe de la vision, l'œil, avec tous les vivants capables de voir. Pourtant, il serait bien possible que chez l'humain, l'activité des yeux soit indissociable de sa relation à l'image, et que l'acte de voir soit un geste institué par la parole, l'image n'existant qu'au fil des gestes et des mots qui la qualifient et la construisent. Et très métaphoriquement, cette philosophe évoque l'histoire de l'humanité : « comme on entretient le feu qui éclaire, l'image s'entretient elle aussi, entre le geste et le regard d'où jaillira la parole. ».

Nous savons aujourd'hui que : 1°) sans larynx, il est possible de parler avec un langage articulé ; 2°) sans cerveau avec les aires de la parole et de la mémoire, le langage est impraticable ; 3°) sans dents, il est très difficile d'avoir un langage articulé compréhensible ; 4°) sans langue, la phonation est impossible ; 5°) sans lèvres, il est très difficile de s'exprimer. Peut-on, alors, continuer à considérer le larynx de l'Homme actuel, tel qu'il est positionné, comme « l'organe du langage articulé », apanage de la seule espèce humaine encore représentée, comme cela est toujours avancé [111] ? Rien ne l'autorise scientifiquement.

Nous pouvons admettre, dès lors, que chez tous les représentants du genre *Homo*, l'anatomie de ce que l'on appelle le "conduit vocal" devait présenter beaucoup de similitudes avec celle de l'Homme actuel et l'Homme anatomiquement moderne et que les Hommes fossiles avaient potentiellement la possibilité de parler. Quant à savoir s'ils communiquaient par un langage articulé, cette étude ne permet pas de le dire.

Les préhistoriens considèrent la production technologique comme une preuve du langage : la chaîne opératoire impliquée dans la création d'un outil équivaut au maniement d'une syntaxe et nécessite donc des capacités cognitives évoluées, voire une pensée symbolique. Ils en infèrent que le cerveau capable d'élaborer cette technologie possède un développement compatible avec le langage.

Certains chercheurs admettent que la fabrication d'industries préhistoriques à caractères très avancés, de l'art et de bijoux dès 75ka, témoigne que l'Homme devait être capable de parler [112]. D'autres pensent que, peut-être, l'Homme parlait déjà, il y a 250ka [113], dès les premières sépultures. C'est Leroi-Gourhan qui, en 1964 [114] puis en 1965, établit pour la première fois ce parallèle entre le biologique et le technologique et enracine le langage avec l'invention des premiers outils, il y a 2,6Ma, lorsqu'il écrit : « l'Homme fabrique des outils concrets et des symboles, les uns et les autres relevant du même processus ou plutôt recourant dans le cerveau au même équipement fondamental. [...] Il y a possibilité de langage à partir du moment où la préhistoire livre des outils, puisque outils et langage sont liés neurologiquement ».

Toutes ces acquisitions sont inscrites dans le génome humain et sont pour l'essentiel multigéniques. S. Pääo [115, 116] précise : « Prenez le langage : cette faculté dépend de toute une série de gènes qui interviennent dans les capacités motrices, l'audition, divers processus cérébraux ». La génétique confirme la pluralité organique du langage articulé. Mais, lorsqu'on lui pose la question : « Diriez-vous que l'évolution culturelle agit sur nos gènes ? » et qu'il répond : « Certainement, un exemple est la descente du larynx, que l'on observe chez les enfants de 2 à 3 ans et qui leur donne une meilleure boîte vocale pour articuler. C'est probablement une conséquence de l'apparition du langage », nous pensons qu'il s'agit d'un phénomène de croissance, commun à toutes les espèces, qui secondairement s'est montré favorable à l'apparition du langage.

Notre étude a montré que l'expression « descente du larynx » est inadaptée pour décrire la position du larynx chez l'Homme actuel voire chez l'Homme anatomiquement moderne puisqu'il s'agit d'une migration ontogénique commune à tous les organes du complexe hyo-glossolaryngo-pharyngé et que la place qu'occupe le larynx chez l'Homme actuel, le seul étudiable avec précision, n'est pas le résultat d'un mouvement qu'il aurait seul effectué par rapport à un environnement immobilisé. Il s'agit pour nous d'une précision d'ordre anatomique et scientifique sur le fond et non une simple querelle de mots, d'autant plus qu'il est aussi admis qu'au cours de la croissance, le crâne et l'os hyoïde s'élèvent au-dessus de la ceinture scapulaire entraînant un étirement des structures viscérales antérieures. La position de l'os hyoïde et du larynx n'est donc pas la conséquence du besoin de parler.

Remerciements

Nous remercions tout particulièrement :

Monsieur le Professeur Raymond Houdart, Membre de l'Académie Nationale de médecine, Neuro-chirurgien des hôpitaux, Professeur honoraire et ancien doyen de la Faculté de Médecine Lariboisière-St.Louis (Paris VII) pour l'accueil qu'il nous a réservé et les conseils avertis qu'il nous a prodigués.

Monsieur le Professeur Christian Pharaboz et le Docteur Olivier Granat du Centre d'Imagerie Médicale Italie (Paris) pour leur amabilité, leurs conseils et la gentillesse avec laquelle ils nous ont confié des documents et effectué de très nombreux clichés radiographiques sur les pièces fossiles nécessaires à notre étude.

Madame le Docteur Claude Fugain, Médecin, Laryngologue, Phoniatre. Hôpital Foch (Suresnes), pour nous avoir fait profiter de ses connaissances en laryngologie.

Madame le Docteur Claude Fugain, Médecin, Laryngologue, Phoniatre. Hôpital Foch (Suresnes), pour nous avoir fait profiter de ses connaissances en laryngologie.

Madame le Docteur Mireille Boller, Vétérinaire praticien, pour nous avoir ouvert sa bibliothèque et donné de précieuses précisions sur l'anatomie des animaux domestiques.

Monsieur le Docteur Claude Guintard, Vétérinaire, Maître de Conférences en Anatomie Comparée à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes (France), pour nous avoir si aimablement adressé des diaporamas de dissections et nous avoir confié des pièces anatomiques qui nous ont été d'une aide précieuse dans notre recherche.

Monsieur le Docteur Louis-Jean Boë, chercheur à l'Institut de la communication parlée (Grenoble), pour les échanges de vues que nous avons eues sur les Sciences du langage et pour les documents qu'il nous a procurés.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - SENUT B., PICKFORD M., GOMMERY D., MEIN P., CHEBOI K., COPPENS Y. (2001) — First hominid from the Miocene (Lukeino Formation, Kenya). *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences Terre et Planètes*, 332, pp. 137-144.
- 2 - WARD CV, LEAKEY M., WALKER A. (2001) — Morphology of *Australopithecus anamensis* from Kanapoi and Allia Bay, Kenya. *J. Hum. Evol.*, 41(4), pp. 255-368.
- 3 - SENUT B. (2002) — From apes to humans: locomotion as a key feature for phylogeny. *Z Morphol Anthropol.*, 83(2-3), pp. 351-360
- 4 - KIMBEL W.H., JOHANSON D.C., RAK Y. (1997) — Systematic assessment of a maxilla of *Homo* from Hadar, Ethiopia. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 103, 2, pp. 235-262
- 5 - SEMAW S., RENNE P., HARRIS J. W., FEIBEL C. S., BERNOR R. L., FESSEHA N., MOWBRAY K. (1997) — 2,5 million year old stone tools from Gona, Ethiopia. *Nature*, 385 (6614), pp. 333-336.
- 6 - DELOISON Y. (2004) — *Préhistoire du piéton*. Plon, 240 pages.
- 7 - BERGE C., GASC J.-P. (2002) — Quand la bipédie devient humaine. *Aux origines de l'humanité* (dir. Coppens Y. et al.), Fayard, pp. 80-125.
- 8 - BROWN F., HARRIES J., LEAKEY R., WALKER A. (1985) — Early *H. erectus* skeleton from lake Turkana, Kenya. *Nature*, vol. 316 (6031), pp. 788-792.
- 9 - GENET-VARCIN E. (1969) — *A la recherche du Primate ancêtre de l'Homme*. Boubée, Paris, 337 pages.
- 10 - MARTIN R., SALLER K. (1956-1962) — *Lehrbuch der Anthropologie*. 3 vol., 2999 pages, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- 11 - GRANAT J., HEIM J.L. (2003) — Nouvelle méthode d'estimation de l'âge dentaire des Néandertaliens. *L'Anthropologie*, 107, pp. 171-202.
- 12 - GRANAT J., HEIM J.L. (1998) — Histoire naturelle de la formule dentaire humaine. *Biom. Hum. et Anthropol.*, 16, n°1-2, pp. 1-12.
- 13 - GRANAT J., PEYRE E. (2004) — L'Homme, ses incisives, son évolution et l'anatomie crânio-faciale au XVI^e siècle. *Biom. Hum. et Anthropol.*, 21, n°3-4, pp. 135-143.
- 14 - GRANAT J., GENET-VARCIN E., HEIM J.L. (1992) — Evolution de la denture permanente des hominidés. *Ed. Techniques. E.M.C., Stomatologie et odontologie*, 22003 S 10, pp. 1-11.
- 15 - GABOUNIA L., VEKUA A. (1995) — A Plio-Pleistocene hominid from Dmanisi, East Georgia, Caucasus. *Nature*, vol. 373, pp. 509-512.
- 16 - GABOUNIA L., DE LUMLEY M - A., VEKUA A., LORDKIPANIDZE D., DE LUMLEY H. (2002) — Découverte d'un nouvel hominidé à Dmanissi (Transcaucasie, Géorgie). *C. R. Acad. Sci. Paris*, vol. 1, n° 4, pp. 243-253.
- 17 - PEYRE E. (1977) — Etude anthropologique qualitative et quantitative de la population mérovingienne de la nécropole de Maule (France, Yvelines). *Thèse de Doctorat de 3^e cycle de l'Université Paris VI - Pierre et Marie Curie*, 2 tomes, 197 pages, 67 Fig. et LII Tabl.
- 18 - PEYRE E. (1979) — La population mérovingienne de la nécropole de Maule (France, Yvelines) : analyse anthropologique univariée qualitative et quantitative des crania. *Bull. Mém. Soc. Anthropol. Paris*, 6, XIII, pp. 47-84.
- 19 - PEYRE E. (1980) — Analyse multivariée sur le calvarium des Mérovingiens de Maule (France, Yvelines). *Bull. Mém. Soc. Anthropol. Paris*, 7, XIII, pp. 233-257.
- 20 - DELATTRE A., FÉNART R. (1960) — L'hominisation du crâne étudiée par la méthode vestibulaire. Ed. CNRS, Paris.
- 21 - PEYRE E. (1998) — La mandibule humaine : variabilité et évolution. *Biom. Hum. et Anthropol.*, 16, n° 1-2, pp. 77-82.
- 22 - LÉVIGNAC J., CHALAYE J.J., HEIM J.L. (1988) — Le menton et sa signification anatomique. Importance du phénomène postural. *Le Menton* (dir. J. Lévigat), Masson, pp. 27-43.
- 23 - SCHWARTZ J.H., TATTERSALL I. (2000) — The human "chin". *J. Hum. Evol.*, 38, pp. 367-409.
- 24 - GRANAT J., PEYRE E. (2003) — De l'étude du menton à l'anatomie dentaire au XVI^e siècle. *Actes du XIII^e Congrès de la Société Française d'Histoire de l'Art Dentaire*, publication B.I.U.M., et en ligne <http://www.bium.univ-paris5.fr/~sfhad/vol8/article02.htm>
- 25 - ROSAS A., BERMUDEZ DE CASTRO J.M. (1998) — Affinities of the Dmanisi mandible. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 107, pp. 145-162.
- 26 - WOOD B.A. (1985) — Early *H.* in Kenya, and its systematic relationships. *Ancestors: the hard evidence*, ed. E. Delson (Alan R Liss), New York.
- 28 - LEAKEY R., WOOD B.A. (1973) — New evidence of the genus *H.* from East Rudolf, Kenta II. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 39, pp. 355-368.

- 29 - VEKUA A., LORDKIPANIDZE D., PHILIP RIGHTMIRE G., AGUSTI J., FERRING R., MAISURADZE G., MOUSKHELISHVILI A., NIORADZE M., PONCE DE LEON M., TAPPEN M., TVALCHRELIDZE M., ZOLLIKOFE C. (2002) — A New Skull of Early *Homo* from Dmanisi, Georgia. *Science*, 297, pp. 85-89.
- 30 - VEKUA A., LORDKIPANIDZE D., LUMLEY DE H. (2002) — Découverte d'un nouvel hominidé à Dmanissi. *C. R. Acad. Sci. Paris*, I, pp. 243-253.
- 31 - WHITE, T.D., ASFAW B., DEGUSTO, D. GILBERT H., RICHARDS G.D., SUWA G., HOWELL F. G. (2003) — Pleistocene *H. sapiens* from Middle Awash, Ethiopia. *Letters to Nature*, vol.423 (6941), pp. 742-747.
- 32 - VANDERMEERCH B. (1981) — Les Hommes fossiles de Qafzeh (Israël). *Cahiers de paléontologie*, éd. CNRS, Paris, 320 pages.
- 33 - KAPANDJI I.A. (1982) — Physiologie articulaire. *Schémas commentés de mécanique humaine : fasc. III, tronc et rachis*. Quatrième tirage, Maloine S.A. édit., Paris, 255 pages.
- 34 - GRANAT J., LOREILLE J.P. (1990) — Forme et proportions de l'arcade alvéolo-dentaire. Des premiers primates à l'homme moderne. *Information Dent.*, n°24, pp. 2151-2157.
- 35 - PEYRE E. (2000) — Analyse multivariée de la mandibule : variabilité intrapopulationnelle synchronique et évolution. *L'identité en question*, éd. Artcom, pp. 247-257.
- 36 - PEYRE E., GRANAT J. (2004) — Paléopathologie et maturation dentaire chez des enfants néolithiques et protohistoriques français. *Biom. Hum. et Anthropol.*, n° 21, pp. 285-299.
- 37 - TESTUT L. (1889) — *Traité d'Anatomie Humaine. Tome I, livre I : ostéologie*. Doin édit., Paris, pp. 1-222.
- 38 - PHARABOZ C. (1999) — Anatomie et pathologie du massif facial et des régions profondes de la face. *Les cahiers d'abcedent*, Cervat-Association de radiologie du Val de Grâce.
- 39 - PHARABOZ C., DUBAYLE P., GOASDOUE C. (1997) — Pathologies des régions profondes de la face. *Imagerie maxillo-faciale* (N. Martin Duverneuil J.Chiras), Collection Imagerie médicale (dir. H. Nahumedit), Maloine Sciences, Flammarion.
- 40 - BUDIL I. (1993) — Evolution of Vocal Communication: Evidence from Paleolaryngology. En ligne <http://baserv.uci.kun.nl/~los/Meetings/stpetersburg/Articles/budil.htm>
- 41 - CARRE R., LINDBLOM B., MCNEILAGE P. (1995) — Rôle de l'acoustique dans l'évolution du conduit vocal humain. *C. R. Acad. Sci. Paris*, t.320, série II b, pp. 471-476.
- 42 - DEACON T. (1997) — The Symbolic Species: The coevolution of language and the human brain. Penguin Books.
- 43 - LAITMAN, J.T. (1986) — L'origine du langage articulé. *La Recherche*, n°181, vol. 17, pp. 1164-1173.
- 44 - FACULTE DE PSYCHOLOGIE ET DES SCIENCES DE L'EDUCATION DE L'UNIVERSITE DE GENEVE (2002) — L'émergence des sons du langage : données anatomiques. En ligne <http://tecfa.unige.ch/perso/staf/nova/ling/Anato.html>
- 45 - LIEBERMAN P., CRELIN E.S. (1971) — On the speech of the Neanderthal man. *Linguistic Inquiry*, 2, pp. 203-222.
- 46 - LIEBERMAN P. (1975) — L'évolution du langage humain. *La Recherche*, n°59, vol. 6, pp. 751-757.
- 47 - LIEBERMAN P. (1984) — *The Biology and Evolution of Language*. Cambridge-Harvard University Press.
- 48 - LIEBERMAN P. (1991) — Uniquely Human: The Evolution of Speech, Thought, and Selfless Behavior. London University Press.
- 49- LIEBERMAN P. (1992) — *On the evolution of human language*. Hawkins John A éd.
- 50 - SATALOFF R. (2001) — La voix humaine. *Pour La science*, dossiers n° 32, pp. 10-15.
- 51 - SENECAIL B. (1979) — L'os hyoïde. Introduction anatomique à l'étude de certains mécanismes. *Mem. lab. Anat.*, n° 36 Paris.
- 52- SHEETS J. (1975) — Hominid dental evolution and the origins of language. *Man* (NS), n°12, pp. 518-526.
- 53 - STEELS, L. (1998) — Synthetizing the origins of language and meaning using coevolution, self-organization and level formation. *Approaches to the Evolution of Language* (Ed. J.R. Hurford, M. Studdert-Kennedy, Ch. Knight), Cambridge University Press, pp. 384-405.
- 54 - WIND J. (1981) — Langage articulé chez les Néandertaliens ? *Les Processus de l'Hominisation*, ed. CNRS, n° 599.
- 55 - WIND J., PULLEYBANK, E.G., DE GROlier E., BICHAKIAN B.J. (1986) — The Origin of Language: The General Problem. En ligne <http://www.percep.demon.co.uk/origin.htm>
- 56 - ARENSBURG B., TILLIER A.M. (1990) — Le langage des néandertalien. *La Recherche*, n°224, vol. 21, pp. 1084-1086.
- 57 - BOË L.J., MAEDA S. (1998) — Modélisation de la croissance du conduit vocal. *Actes des Journées d'Études Linguistiques "La Voyelle dans tous ses états"*, Nantes, pp. 98-105.
- 58 - DELMAS A. (1981) — Apparition ou avènement du langage. *Les Processus de l'Hominisation*, edit. CNRS, n° 599.
- 59- FITCH WT. (2000) — The evolution of speech a comparative review. *Science, Ltd. trends in cognitive sciences*, vol. 4, n° 7, pp. 258-267.
- 60 - FITCH WT., REBY D. (2001) — The descends larynx is not uniquely human. *Proc. R. Soc. Lond.*, B. 268, pp. 1669-1675.
- 61 - HEIM J.L., BOË L.J., MAEDA S. (2000) — Essai de la détermination de la position du larynx à partir de repères craniométriques : Application à la paléontologie humaine. *L'identité humaine en question*, Artcom, Paris, pp. 187-204.
- 62- HEIM J.L., BOË L.J., ABRY C. (2002) — La parole à la portée du conduit vocal de l'Homme de Neandertal. Nouvelles recherches, nouvelles perspectives *C. R. Acad. Sci. Paris*, Paléontologie humaine et préhistoire, pp. 129-134.
- 63- HOMBERT J.M. (2002) — L'émergence du langage articulé. *Sciences Humaines*, 126, pp. 30-31.
- 64- TRINKAUS E. , SHIPMAN P. (1993) — *Les Hommes de Néandertal*. Ed. Seuil, Paris.
- 65 - SABAN R. (1984) — Anatomie et Evolution des veines méningées chez les Hommes fossiles. E.N.S.B.-C.T.H.S, Paris.
- 66- SABAN R. (1993) — *Aux sources du langage articulé*. Ed. Masson, Collection préhistoire, Paris.
- 67- BARONE R. (1999) — *Anatomie comparée des Mammifères domestiques*. Tome 1, ostéologie. Appareil hyoïdien. Tome 3, splanchnologie I. Appareil digestif et respiratoire, génio-hyoïdien, le larynx, Ed. Vigot, pp 189-193 et pp. 647-708.
- 68- PAVAU C. (1982) — *Atlas en couleurs d'anatomie des*

- bovins. Splanchnologie. Maloine c.a édit.
- 69- ROUVIERE H. (1974) — *Anatomie Humaine*, Tome I : Tête et Cou. Maloine et cie édit., Paris, 11^e édit. révisée et augmentée par A. Delmas.
- 70- PELLETIER M. (1969) — *Anatomie Maxillo-Faciale*. Lib. Maloine S.A, Paris, 559 pages.
- 71 - CADENAT E. (1932) — Développement de la mâchoire et de la lèvre supérieure. *La province dentaire*, n°18, pp. 88-115.
- 72 - GIROUD J., LELIEVRE A. (1960) — *Eléments d'embryologie*. Le François, Paris.
- 73 - MUGNIER A. (1964) — *Embryologie et développement bucco-facial*. Masson-Prélat éd., Paris, 302 pages.
- 74 - RACADOT J., WEILL R. (1966) — *Histologie dentaire. Structure et développement de l'organe dentaire*. 2^eme édit., Masson-Prélat éd., Paris, 235 pages.
- 75 - SCHULTZ A.H. (1972) — Les Primates. *La grande Encyclopédie de la Nature*, vol.18, éd. Rencontres, Lausanne, 384 pages.
- 76 - DESHAYES M.J. (1991) — Reconsidération de la croissance cranio-faciale au cours de l'ontogénèse et de l'évolution. Implications pour les traitements en orthopédie dento-faciale. *Revue de Stomatologie et de Chirurgie maxillo-faciale*, 25, n°3, pp. 353-365.
- 77 - DESHAYES M.J. (2000) — *Repérages crâniens*. 2^eme édit. Cranexplo.France, 120 pages.
- 78 - IZARD G. (1950) — *Orthodontie. t. VIII : Pratique stomatologique*. Masson, Paris, 839 pages.
- 79- LORELLE J.-P., DELAIRE J., CAILLARD P., SARAZIN J. (1992) — *Céphalométrie et orthodontie*. Ed. SNPM, Paris.
- 80 - FENART R. (2003) — Craniométrie vestibulaire. Analyse morphométrique positionnelle. *Biom. hum. et anthrop.*, 21, n°3-4, pp. 231-284.
- 81 - BELGUEDJ M. (2000) — L'organisation du développement vertical des structures cranio-facio-cervicales. Approche de leurs interrelations sur 132 cas par étude céphalométrique et modélisation. *Thèse pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie-Dentaire, Université du Droit et de la Santé de Lille2*. Faculté d'Odontologie, n° 4210, 113 pages.
- 82- NEGUS V.E. (1949) — *The comparative anatomy and physiology of the larynx*. William Heinemann Medical Books LTD, London.
- 83 - TERRACE HS, PETITTO LA, SANDERS RJ, BEVER TG (1979) — Can an ape create a sentence? *Science*, 206(4421), pp.: 891-902.
- 84 - REMARCK D. (2004) — Pourquoi les animaux ne parlent pas. *La Recherche*, 373, pp. 20-21.
- 85 - DEPUTTE B., VAUCLAIR J. (2002) — Le long apprentissage de la vie sociale. Ontogénèse comportementale et sociale chez l'Homme et les singes. *Aux origines de l'humanité* (dir. Coppens Y. et al.), Fayard, pp. 242-287.
- 86 - LESTEL D. (2002) — Sommes-nous assez intelligents pour comprendre l'intelligence des singes ? *Aux origines de l'humanité* (dir. Coppens Y. et al.), Fayard, pp. 330-367.
- 87 - GOMMERY D. (1999) — Première biométrie d'une modélisation du rachis cervical des Primates. *Biom. Hum. Et Anthropol.*, 17 n°1-2, pp. 69-77.
- 88 - CHANGEUX J.P. (1984) — *L'homme neuronal*. Ed. Fayard, Pluriel. 379 pages.
- 89 - TOBIAS P.V. (1980) — L'évolution du cerveau humain. *La Recherche*, n°11, 282-292.
- 90 - TOBIAS P.V. (1987) — The Brain of *H. habilis*: A new Level of Organisation in cerebral evolution. *Journal of Human Evolution*, 16, pp. 741-761.
- 91 - HOUDART R. (2002) — *Le cerveau de l'Hominisation du Primate à l'Homme*. Edit. Maïade, La Nouaille, France.
- 92 - WALKER A., LEAKEY R.E.F. (1983) — Les hominidés du Turkana oriental. *L'Aube de l'Humanité*, Bibliothèque Pour la Science, pp. 22-35.
- 93- HAEUSLER M., MARTELLI S. A., BOENI T. (2002) — Vertebrae numbers of the early hominid lumbar spine. *Journal of Human Evolution*, 43, pp. 621-643.
- 94 - RUFF C.B., WALKER A., TRINKAUS E. (1994) — Postcranial robusticity in Homo III : Ontogeny. *Am J. Phys. Anthropol.* Jan. 93 (1), pp. 35-54.
- 95- ARENSBURG B., TILLIER A. M., VANDERMEERSCH B., DUDAY H., SCHEPARTZ L. A., RAK Y. (1989) — A Middle Palaeolithic human hyoid bone. *Nature*, 338, pp. 758-760.
- 96 - HEIM J.L., 1976, 1982 - Les Hommes fossiles de La Ferrassie (Dordogne). *Archives de l'I.P.H.*, I et II, 332 pages.
- 97 - BOULE M., VALLOIS H.V. (1952) — *Les Hommes fossiles*. Masson et Cie Ed., Paris, 588 pages.
- 98 - BOË L.J., HEIM J.L., MAEDA S., Honda K. (2002) — The potential Neandertal vowel space was as large as that of modern humans. *Journal of Phonetics*, 30, pp. 465-484.
- 99 - POIRIER P., BAUMGARTNER A. (1916) — *Précis de dissection*. 3^eme édit., Masson et Cie édit., Paris.
- 100- GENET-VARCIN E. (1979) — *Les Hommes fossiles*, avec supplément par J. GRANAT. Boubée édit., Paris, 412 pages.
- 101- VIGNAUD P, DURINGER P, MACKAYE HT, LIKIUS A, BLONDEL C, BOISSERIE JR, DE BONIS L, EISENMANN V, ETIENNE ME, GERAADS D, GUY F, LEHMANN T, LIHOREAU F, LOPEZ-MARTINEZ N, MOURER-CHAUVIRE C, OTERO O, RAGE JC, SCHUSTER M, VIRIOT L, ZAZZO A, BRUNET M. (2002) — Geology and palaeontology of the Upper Miocene Toros-Menalla hominid locality, Chad. *Nature*, 418(6894), pp.152-5.
- 102- WOLPOFF M.H., SENUT B., PICKFORD M., HAWKS J. (2002) — *Sahelanthropus* or '*Sahelpithecus*'?. *Nature*, Vol. 419(6907), pp. 581-582
- 103- WHITE T., GEN SUWA ET BERHANE ASFAWN (1994) — *Australopithecus ramidus*, a new species of early hominid from Aramis, Ethiopia. *Nature*, 371:306-312
- 104- CHALINE J., MARCHAND D. (1994) — *Ramidus* est-il bien un Australopithèque ? *Archéologia*, 306, pp. 12-15
- 105- GRANAT J. (1975) — Les arcades alvéolaires humaines. *Bull Mem. Soc. Anthropol. Paris*, t.2, Série XIII, pp. 23-44.
- 106- LORELLE J.-P. (1987) — L'évolution de la forme des arcades. *L'Orthodontie Française*, 58, pp. 29-52.
- 107- COOTJANS G., GOUREVITCH D. (1983) — *Revue philologie de littérature et d'histoire anciennes*, t.LVII, fasc.2, pp. 190-191
- 108 - SCHAEFFNER A. (1968) — *Origine des instruments de musique*. Ed. Mouton et MSH, (rééditions III), Paris, 428 pages, pp. 157-160.

- 109-** Cf: <http://www.ifrance.com/prehisto/grotautres.htm>
- 110-** ZONABEND F. (1999) — *La mémoire longue*. Jean-Michel Place édit., Paris, 296 pages.
- 111-** MONDZAIN M.-J. (2002) — *L'Image peut-elle tuer ?* 2e éd., Paris, Bayard.
- 112-** ROSS P. (1997) — L'histoire du langage. *Pour La Science*, Dossiers H.S Les langues du Monde, Oct., pp. 20-27.
- 113-** ALLEMAND L. (2004) — Il y a 75 000 ans les premiers bijoux. *La Recherche*, n° 375, pp. 47-49.
- 114-** d'ERRICO F. (2000) — Sur les traces de l'*H. symbolicus*. *La Recherche*, Hors série n°4, p. 22.
- 115 -** LEROI-GOURHAN A. (1964) (réédition 1983) — *Le geste et la parole ; t.I : technique et langage*. Albin Michel éd., Paris, 323 pages, pp. 162-164.
- 116-** PÄÄBO S. (2004) — Nous continuons d'évoluer. *La Recherche*, n° 377, pp. 73-76.